

LIBRO DE ACTAS

44th SYMPOSIUM DE CUNICULTURA ARANDA DE DUERO

5 Y 6 DE JUNIO DE 2019



INTERCUN



Organización
Interprofesional
Cunicola



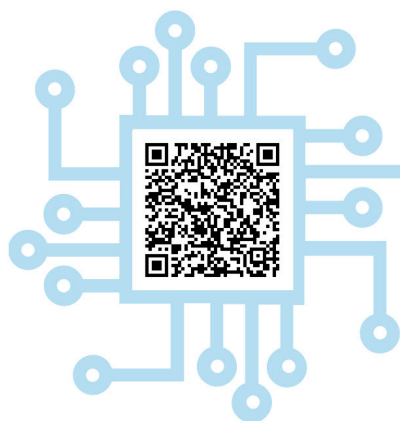


Aplica la lógica para tu tranquilidad



“ El racionamiento apoyado en PLC´s se ha impuesto como una herramienta indispensable para minimizar los problemas digestivos en el cebadero. ”

Visita www.nantaplcs.com para saber más.



● Escanea
el código QR
e infórmate de lo que ha
hecho Nanta hasta 2018.



NANTA

Ronda de Poniente, 9 · 28760 Tres Cantos (Madrid)
Tel. 918 075 410 · Fax 918 032 515
nanta@nutreco.com · www.nanta.es



LIBRO DE ACTAS

44 SYMPOSIUM DE CUNICULTURA DE ASESCU

Aranda de Duero, 5 y 6 de junio de 2019

Coordinadores:

Juan Manuel Corpa Arenas
Ceferino Torres Lozano
Pedro González Redondo

Organizan:



Asociación
Española de
Cunicultura



Burgos

Patrocinan:



Organización
Interprofesional
Cunícola



CARNE DE CONEJO



We add performance to your business

El simposio fue organizado por:

Asociación Española de Cunicultura (ASESCU)
Unión de Campesinos UCCL de Burgos

Contó con el patrocinio de las siguientes empresas y organizaciones:

Coren
Gómez y Crespo
Intercun
Hermi
Andrés Pinaluba
Huvepharma

Contó con la colaboración de las siguientes empresas:

Cogal
Nanta
Laboratorios Hipra
Copele
Laboratorios Iven
Elanco
Inserbo
De Heus
Cunicultura de La Manchuela
Ebronatura
Exopol

Los coordinadores de este libro de actas fueron:

Juan Manuel Corpa Arenas
Ceferino Torres Lozano
Pedro González Redondo

Edita:

Grupo Editorial Agrícola Española, S.A.
C/ Caballero de Gracia, 24 3º Izda.
28013 Madrid

ISBN: 978-84-17884-04-8

Depósito Legal: M-19190-2019

ÍNDICE

Presentación del Presidente de ASESCU	9
---	---

BIENESTAR Y ALOJAMIENTO:

Medidas para evaluar la salud y el bienestar de los conejos: resultados descriptivos de un ciclo productivo en granjas comerciales

Zomeño C., Dalla Costa A., Trocino A., Santagiuliana M., Lavazza A., Dorigo F., Bonfanti L., Birolo M., Xiccato G., Di Martino G.	12
--	----

Estrés y vida productiva en conejas

Rodenas L., Martínez-Paredes E., Machado L., Cervera C.	17
--	----

Estación, tamaño y densidad del grupo de conejas durante la recría y productividad

Martínez-Paredes E., Rodenas L., Cervera C.	22
--	----

Comparación de jaulas de maternidad con plataforma frente a jaulas convencionales en una prueba de campo

López M., Gómez E.A., Cervera C.	27
---------------------------------------	----

Indicadores metabólicos y de estrés tras el ajuste de consumo en conejas primíparas gestantes

Fernández-Pacheco C., Millán P., Rodríguez M., García-García R.M., Sánchez-Rodríguez A., Arias-Álvarez M., Lorenzo P.L., Rebollar P.G.	33
---	----

Enriquecimiento con parque del sistema italiano de alojamiento de celda enterrada para la producción de conejos al aire libre

Mariani G., Finzi A., Meini F., González-Redondo P.	37
--	----

NUTRICIÓN:

Optimización proteica usando el conejo como modelo: hacia una producción más sostenible en la contaminación por nitrógeno

Marín-García P.J., López M.C., Rodenas L., Martínez-Paredes E., Blas E., Pascual J.J.	44
--	----

Determinación de las necesidades en aminoácidos digestibles a nivel ileal aparente de los conejos de engorde

Marín-García P.J., López M.C., Ródenas L., Martínez-Paredes E., Blas E., Pascual J.J.47

Efecto de la inclusión de un galactomanano en piensos con diferente fibra soluble sobre la digestibilidad y la actividad cecal en conejos de engorde

Zemzmi J., Ródenas L., Blas E., Martínez-Paredes E., López-Lujan M.C., Moya J., Najar T., Pascual J.J. 51

Efecto de la suplementación con xilo-oligosacáridos en el agua de bebida y del nivel de fibra soluble del pienso sobre los parámetros productivos y digestivos en conejos en crecimiento

Farias C., Gratta F., Ocasio-Vega C., Feijoo D., Tejeiro C., Nicodemus N., Carabaño R., García J. 56

Efecto de la suplementación con xilooligosacáridos en el agua de bebida y de la restricción alimenticia sobre la digestibilidad y los rendimientos productivos en gazapos en cebo

Farias C., Simbaña F., Reyes D., Gallego M., Nicodemus N., Carabaño R., García J.60

Efecto del tipo de almidón y del nivel de fibra soluble sobre los rendimientos productivos de gazapos en crecimiento

Simbaña F., Farias C., Reyes D., Carabaño R., García-Rebollar P., Nicodemus N., García J.64

PATOLOGÍA:

Como afecta la selección genética por velocidad de crecimiento a las poblaciones leucocitarias de las hembras reproductoras de una línea paternal

Moreno-Grúa E., Pérez-Fuentes S., Muñoz-Silvestre A., Viana D., Selva L., Arnau-Bonachera A., Martínez-Paredes E., Marín-García P., Pascual J.J., Corpa J.M.70

Efecto de la selección genética por velocidad de crecimiento en la respuesta inmune ante un desafío infeccioso por *Staphylococcus aureus*

Moreno-Grúa E., Pérez-Fuentes S., Muñoz-Silvestre A., Viana D., Selva L., Arnau-Bonachera A., Martínez-Paredes E., Marín-García P., Pascual J.J., Corpa J.M..... 75

Detección de *Staphylococcus aureus* en conejos silvestres

Pérez-Fuentes S., Moreno-Grúa E., Viana D., Selva L., Lizana V., Cardells J., Corpa J.M.80

***Bacteroides fragilis* enteropatógeno: ¿Enfermedad emergente o hallazgo clínico?**

Malo M.83

Comunicación de un caso de tuberculosis en una granja de conejos

Martín Lorente E., Comenge Gracia J.87

GENÉTICA Y REPRODUCCIÓN:

La selección por grasa intramuscular modifica el microbioma digestivo del conejo

Blasco a., Zubiri A., Martínez M., Casto C., Hernández P.90

Selección para mejorar la eficiencia alimentaria de gazapos alojados en grupo usando comederos electrónicos	
Sanchez J.P., Pascual M., Perucho O., Piles. M.....	93

Análisis de la eficiencia alimentaria durante el crecimiento en líneas de conejo seleccionadas por diferentes objetivos	
Pascual M., Piles M., Pascual J.J., Ródenas L., Velasco M., Herrera W., Rafel O., Sánchez J.P.	99

Microbiota digestiva de conejas reproductoras en función del éxito reproductivo anual y la edad	
Savietto D., Paes C., Despeyroux M., Barilly C., Cauquil L., Combes S.	104

Efecto de la condición corporal sobre la fertilidad	
Agea I., Torres C., García M.L., Argente M.J.	108

PONENCIA:

¿Qué tenemos que hacer para vender mejor nuestro producto? Revisión de las tendencias actuales del mercado alimentario como base para la generación de oportunidades en la comercialización de la carne de conejo	
Montero L.*, Buitrago J.M., Escribá C., Baviera A.	112

Presentación del Presidente de ADESCU

Estimados socios de ADESCU y asistentes al *Symposium*,

Este año celebramos la 44 edición del *Symposium* de ADESCU en la maravillosa ciudad de Aranda de Duero. En esta ocasión contamos con la Unión de Campesinos de Burgos como organizadores locales, a los cuales quisiera mostrar mi agradecimiento, al igual que a los organizadores habituales, por su implicación en el buen desarrollo del *Symposium*.

Los datos más recientes sobre el consumo de carne en nuestro país hacen palpable que se está produciendo un cambio en los hábitos alimentarios de los españoles. Éstos se caracterizan por una disminución generalizada en el consumo de carne fresca, de prácticamente todas las especies animales, aunque hay un incremento de la venta de productos transformados en alguna de ellas, como el porcino. Además, cada vez es más frecuente la presencia mediática de grupos animalistas que, en muchos casos, abogan por la abolición de la producción animal intensiva demonizando, además, la figura del ganadero.

En este *Symposium* hemos querido abordar estas preocupantes situaciones que, sin lugar a duda, marcarán el futuro de nuestro sector: la disminución del consumo y las trabas a la cría de animales. Para ello contaremos con especialistas en estas áreas que nos hablarán de temas tan interesantes como la importancia que tuvo el consumo de carne en el desarrollo del ser humano o el impacto real que tiene la ganadería en el medio ambiente. Por otro lado, también analizaremos el efecto de las campañas publicitarias, exploraremos diferentes estrategias e intentaremos valorar la penetración en el mercado de presentaciones alternativas a la tradicional canal y qué se debería hacer para mejorarla.

Igualmente intervendrán los representantes de INTERCUN que nos hablarán de las principales acciones que se han llevado este año dentro del marco del grupo operativo IDCURA.

Contaremos también con la participación de nuestros grupos de investigación en los diferentes campos del conocimiento (genética, reproducción, alimentación, patología, etc.). Los mejores trabajos, llevados a cabo por los más jóvenes, podrán acceder a la tercera edición del "Premio para jóvenes investigadores ADESCU", financiado por los Laboratorios Andrés Pinaluba, S.A que se entregará en la cena de gala.

No quisiera despedirme sin antes mostrar mi agradecimiento personal a todas las empresas que apoyan la organización del *Symposium* y sin cuyo patrocinio sería complicada la celebración de esta reunión.

Espero que, como es habitual, el *Symposium* de cunicultura constituya un lugar de difusión e intercambio de conocimiento científico y experiencias profesionales que contribuya a enriquecer y fortalecer al sector cunícola.

Atentamente,

Juan Manuel Corpa Arenas
Presidente de ADESCU



BIENESTAR Y ALOJAMIENTO

Medidas para evaluar la salud y el bienestar de los conejos: resultados descriptivos de un ciclo productivo en granjas comerciales

Zomeño C., Dalla Costa A., Trocino A., Santagiuliana M., Lavazza A., Dorigo F., Bonfanti L., Birolo M., Xiccato G., Di Martino G

Estrés y vida productiva en conejas

Rodenas L., Martínez-Paredes E., Machado L., Cervera C.

Estación, tamaño y densidad del grupo de conejas durante la recría y productividad

Martínez-Paredes E., Rodenas L., Cervera C.

Comparación de jaulas de maternidad con plataforma frente a jaulas convencionales en una prueba de campo

López M., Gómez E.A., Cervera C.

Indicadores metabólicos y de estrés tras el ajuste de consumo en conejas primíparas gestantes

Fernández-Pacheco C., Millán P., Rodríguez M., García-García R.M., Sánchez-Rodríguez A., Arias-Álvarez M., Lorenzo P.L., Rebollar P.G.

Enriquecimiento con parque del sistema italiano de alojamiento de celda enterrada para la producción de conejos al aire libre

Mariani G., Finzi A., Meini F., González-Redondo P.

Medidas para evaluar la salud y el bienestar de los conejos: resultados descriptivos de un ciclo productivo en granjas comerciales

Measures for rabbit health and welfare assessment: descriptive results from one productive cycle in commercial farms

Zomeño C.^{1*}, Dalla Costa A.², Trocino A.¹, Santagiuliana M.², Lavazza A.³, Dorigo F.⁴, Bonfanti L.², Birolo M.⁵, Xiccato G.⁵, Di Martino G.²

¹ Department of Comparative Biomedicine and Food Science (BCA), University of Padova, Viale dell'Università 16, 35020 Legnaro, Italy

² Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie, Viale dell'Università 10, 35020 Legnaro, Italy

³ Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Lombardia e dell'Emilia Romagna, Via Antonio Bianchi 9, 252124 Brescia, Italy

⁴ Veterinary practitioner

⁵ Department of Agronomy, Food, Natural Resources, Animal and Environment (DAFNAE), University of Padova, Viale dell'Università 16, 35020 Legnaro, Italy

*Dirección de contacto: cristina.zomenosegado@unipd.it

RESUMEN

Se ha desarrollado un protocolo objetivo de valoración del estado de salud y bienestar de los conejos a partir de medidas basadas en el animal y medidas basadas en el manejo y la infraestructura. Los periodos propuestos para aplicar el protocolo son el final del periodo de lactación (sector de la reproducción) y una semana antes del sacrificio (sector de cebo). Este protocolo se está implementando actualmente en 12 granjas comerciales de Italia. Los resultados relativos al sector de la reproducción obtenidos durante un ciclo productivo han mostrado que las condiciones ambientales de las granjas están dentro de los valores adecuados para el confort de los conejos. El 75% de las conejas evaluadas han presentado una condición corporal adecuada mientras que los valores extremos (caquexia u obesidad) han representado solo un 4%. El principal problema sanitario detectado ha sido la diarrea (9,3% en las reproductoras y 2,5% en las camadas).

Palabras clave: bienestar, prestaciones productivas, estado de salud, reproducción, cebo.

ABSTRACT

An objective protocol of rabbit health and welfare assessment has been developed using animal-based and resource and management-based measurements. Time points selected to apply the protocol are the end of the lactation period for the reproducing sector and one week before slaughtering for the fattening sector. Currently, the protocol is under test on 12 commercial farms in Italy. Results from the reproducing sector obtained in one productive cycle showed that environmental parameters are within the adequate range for rabbit comfort. The 75% of the examined does had an adequate body condition score whereas the extreme values (cachexia or obesity) represented only a 4%. The main health problem observed in does and kits were diarrhea (average prevalence 9.3% of does and 2.5% of litters).

Keywords: welfare, productive performance, health status, reproduction, fattening.

INTRODUCCIÓN

El bienestar animal es un concepto multidimensional en el que se combinan el funcionamiento biológico, el estado emocional y la posibilidad de expresar comportamientos naturales o típicos de la especie (Fraser *et al.*, 1997). Estas dimensiones están íntimamente relacionadas y es necesario evaluarlas conjuntamente para poder realizar una definición completa del estado de bienestar de un animal.

El proyecto Welfare Quality® ha desarrollado y validado protocolos de valoración del bienestar animal en granjas para diversas especies (pollos de carne, gallinas ponedoras, cerdos, y vacuno de leche y de carne)

que contienen mayoritariamente medidas basadas en el animal a diferencia de otros que incluyen básicamente medidas basadas en el ambiente. Las medidas basadas en el animal (por ejemplo el estado sanitario o el comportamiento), aunque son más laboriosas de realizar y precisan de personal entrenado, reflejan el estado de este. En el caso del conejo, de Jong *et al.* (2011) dieron el primer paso hacia la elaboración de un protocolo de valoración del bienestar en granjas que sin embargo no fue testado ni validado en condiciones comerciales. Por su parte, Cerioli *et al.* (2011) definieron un sistema de puntuación para parámetros de salud, productivos, ambientales y de manejo en granjas comerciales de conejos. No obstante, algunas de las medidas basadas en el animal propuestas por estos autores tienen cierto carácter invasivo (en frotis nasal, vaginal o rectal) y otras se realizan mediante necropsias. Asimismo, el ITAVI ha desarrollado recientemente un protocolo de evaluación del bienestar para el sector cunícola francés (Méthode EBENE) siguiendo los criterios y principios definidos en Welfare Quality®.

En este contexto, el objetivo del presente estudio ha sido la valoración del estado de salud y bienestar de los conejos mediante la implementación de un protocolo objetivo y realizable en diferentes granjas comerciales de Italia.

MATERIAL Y MÉTODOS

PROTOCOLO

El protocolo ha sido desarrollado a partir de una revisión de los trabajos realizados en conejos (EFSA, 2005; Verga *et al.*, 2007; de Jong *et al.*, 2011; Cerioli *et al.*, 2011) y en aves (Welfare Quality®). En primer lugar, para cada granja evaluada y mediante un cuestionario a completar por el propietario o técnico, se han registrado los siguientes datos: nº y tipo de nave/s, nº de animales, tipo genético, ciclización, ritmo reproductivo, tipo y programa de alimentación, fotoperiodo, tipo de ventilación y calefacción, vacío sanitario, tipo y dimensiones de las jaulas, uso de reposapatillas y/o elementos de enriquecimiento ambiental, densidad animal, edad al destete y sacrificio, fármacos utilizados y mortalidad promedio en las diferentes fases productivas. Esta información se ha considerado relevante para identificar los posibles factores de infraestructura y manejo que pueden afectar las medidas de estado de salud y bienestar animal. Dichas medidas, realizadas posteriormente, son:

- Sector de la reproducción, en una muestra de 75 conejas y sus camadas, tomada de forma aleatoria y que cubriese todas las partes de la granja, se ha evaluado: i) en las conejas: peso; condición corporal utilizando una escala de cinco puntos (0-4) donde 2 indica una óptima condición corporal, 0 caquexia y 4 obesidad (Bonnano *et al.*, 2005); estado sanitario, evaluando la presencia de patologías relacionadas con patologías respiratorias (secreción nasal y/o ocular) o digestivas (diarrea), y la presencia y gravedad de dermatofitosis, mamitis, pododermatitis ulcerativas y otras lesiones; ii) en las camadas: peso total, nº de gazapos y estado sanitario (patologías respiratorias y/o digestivas, dermatofitosis y otras lesiones).

- Sector de cebo, en una muestra de 100 conejos tomada de igual modo que para las conejas, se ha evaluado el peso y el estado sanitario (patologías respiratorias y/o digestivas, dermatofitosis, pododermatitis ulcerativas y otras lesiones). Además, se ha realizado el test de inmovilidad tónica (en 30 conejos) y el test de *open-field* (en otros 30 conejos) (Trocino *et al.*, 2014) con algunas modificaciones para adaptarlos a las condiciones de las granjas.

Además, se ha registrado la temperatura, humedad relativa y concentraciones de CO₂ y NH₃ en 5 puntos de la nave, 4 laterales y uno central (sectores de la reproducción y del cebo).

Para poder evaluar lo que ha ocurrido durante la fase de lactación y de cebo, estas medidas han sido realizadas durante la semana previa al destete en las conejas reproductoras y sus gazapos y durante la semana previa al sacrificio en los conejos de cebo. Dichas medidas fueron registradas por las mismas personas en la mayoría de las visitas realizadas.

IMPLEMENTACIÓN EN GRANJAS COMERCIALES

El proyecto ha previsto realizar las visitas a las granjas durante tres ciclos productivos repartidos a lo largo del año (ciclo de estación intermedia, ciclo invernal y ciclo estivo) en 12 granjas comerciales del norte de Italia. En este momento, el protocolo ha sido implementado durante un ciclo productivo que ha ido de septiembre a diciembre del 2018. Las granjas evaluadas presentan diferentes tipos de infraestructura (nave cerrada o túnel; *cooling* o sistema a extracción), alojamiento (jaula polivalente, jaula enriquecida, jaula bicelular

o recinto *combi-park*), y características de manejo: hembras reproductoras (n° 500-1500), híbrido comercial (Hyla, Grimaud o Martini), ritmo reproductivo (interparto 42 o 49 días), edad de destete (32-38 días) y sacrificio (71-86 días), alimentación (*ad libitum* o racionada) y programa de luz (fotoperiodo natural o artificial).

En el presente trabajo se presentan únicamente los resultados relativos al sector de la reproducción (medidas realizadas a 28-31 días post-parto) del primer ciclo productivo estudiado como datos medios de todas las granjas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de temperatura y humedad relativa registrados durante las visitas se han situado dentro del rango óptimo de confort para los conejos (Tabla 1). Asimismo, la concentración promedio de gases nocivos no ha superado los límites recomendados (Luzi *et al.*, 2009).

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de los parámetros ambientales registrados en 12 granjas.

	Media	DS	Mínimo	Máximo	CV
Temperatura (°C)	21,2	1,83	17,0	25,0	8,7
Humedad relativa (%)	66,6	8,09	51,6	82,2	12,2
CO ₂ (ppm)	1131	538	100	2200	47,5
NH ₃ (ppm)	9,8	10,2	0,0	40,0	104,0

DS: desviación estándar. CV: coeficiente de variación.

Las conejas evaluadas al final del periodo de lactación (28-31 días post-parto) han presentado un peso medio de 4,8 kg, con unas camadas formadas por 8,2 gazapos de 616 g de peso cada uno (Tabla 2). La variación observada en estos parámetros corresponde con la variación típica de caracteres reproductivos y de peso (CV=10-20%). La mortalidad media de los gazapos durante todo el periodo de lactación ha sido del 8,2%, con un rango comprendido entre 3% y 21%.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de los parámetros productivos evaluados en conejas reproductoras y sus camadas (n=875) a 28-31 días post-parto.

	Media	DS	Mínimo	Máximo	CV
Peso coneja (g)	4840	541	2940	6500	11,2
Tamaño camada	8,2	1,10	4,0	11,0	13,3
Peso camada (g)	5062	1020	1850	8000	20,2
Peso gazapo (g)	616	109	319	1026	17,8

DS: desviación estándar. CV: coeficiente de variación.

El 75% de las conejas evaluadas han presentado una condición corporal adecuada (grado 2), mientras que los valores extremos han representado un 4% (Figura 1). Estos resultados siguen la tendencia de los obtenidos por Rosell y de la Fuente (2008) en granjas comerciales donde alrededor de un 60% de las conejas evaluadas (en un total de 3751) presentaron una condición corporal intermedia.

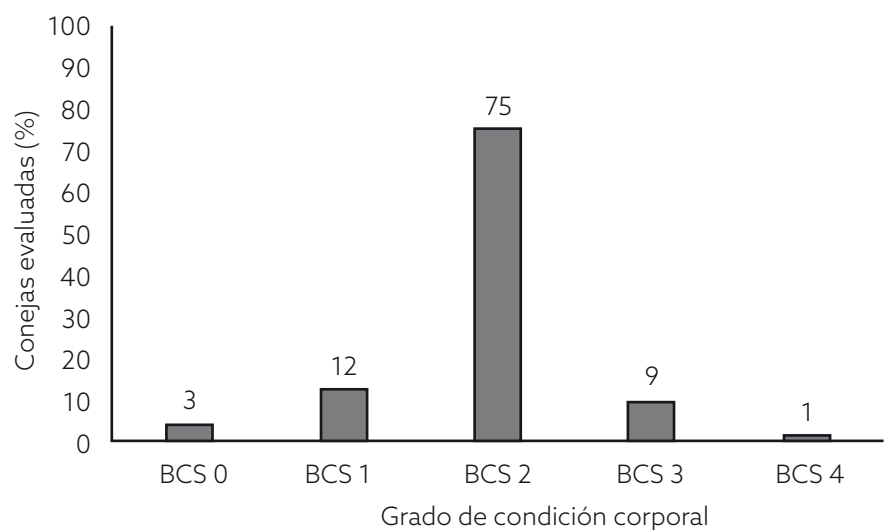


Figura 1. Proporción de las conejas evaluadas (n=875) en función de su grado de condición corporal (BCS) a 28-31 días post-parto.

Respecto al estado sanitario (Tabla 3), el problema más frecuentemente observado en las conejas ha sido la diarrea, con una prevalencia media de 9,3%. A continuación se han observado pododermatitis ulcerativas (4,7%), mastitis (3,8%) y dermatofitosis (3,5%). Rosell y de la Fuente (2008) observaron unas prevalencias similares para pododermatitis (5,5%) y mastitis (4,3%) pero muy superior para rinitis (19,5%). En el caso de los gazapos, las prevalencias de los problemas estudiados han sido en general inferiores, siendo la diarrea el problema más observado (2,5% de las camadas evaluadas). Las medidas propuestas para el sector de la reproducción se han completado en un tiempo medio de 90 minutos, siendo recomendable la presencia de dos personas. Una de las medidas más críticas ha sido la valoración de la condición corporal ya que requiere un elevado grado de entrenamiento.

Los datos recogidos en el cuestionario acerca de los factores de infraestructura y manejo de las granjas pueden ofrecer información indirecta acerca de la posibilidad que tienen los conejos de mostrar comportamientos naturales y típicos de la especie (por ejemplo: interacciones sociales, esconderse, moverse, reposar adecuadamente). Por otro lado, a pesar de que el comportamiento del conejo, animal de presa, es muy característico y su interpretación debe relacionarse con múltiples factores, sería necesario evaluar la presencia de comportamientos anormales (estereotipias y/o agresividad) y la relación animal-humano. Los resultados preliminares obtenidos en el cebo han mostrado que el éxito del test de inmovilidad tónica depende del operador y que las condiciones del test de *open-field* son difíciles de estandarizar entre granjas con la consiguiente dificultad de interpretación. Por todo ello, se considera necesario identificar medidas adicionales para conocer dichos comportamientos y cómo es la relación animal-humano en las condiciones de granja.

Tabla 3. Prevalencia (nº de animales y porcentaje) de los problemas sanitarios observados en conejas reproductoras y sus camadas (n=875) a 28-31 días post-parto.

		Prevalencia
Conejas	Rinitis	3 (0,3%)
	Diarrea	81 (9,3%)
	Dermatofitosis	31 (3,5%)
	Mastitis	33 (3,8%)
	Pododermatitis ulcerativa	41 (4,7%)
Camadas	Rinitis	0 (0,0%)
	Diarrea	22 (2,5%)
	Dermatofitosis	5 (0,6%)

AGRADECIMIENTOS

Proyecto IZS VE 16/17 RC financiado por el Ministero Italiano della Salute.

BIBLIOGRAFÍA

- Bonanno A., Mazza F., Di Grigoli A., Alicata M.L. 2005. *Assessment of a method for evaluating the body condition of lactating rabbit does: preliminary results*. *Italian Journal of Animal Science*, 4 (suppl. 2): 560.
- Ceroli M., Brivio R., Tuttarelli C., Grilli G., Lavazza A. 2011. *Identification of health and welfare parameters for rabbit production and definition of an evaluation score*. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 1: 500-507.
- de Jong I., Reuvekamp B.F.J, Rommers I. 2011. *A welfare assessment protocol for commercially housed rabbits*. Report 532. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, Holanda.
- EFSA. 2005. *The impact of the current housing and husbandry systems on the health and welfare of farmed domestic rabbits*. *The EFSA Journal*, 267: 1-140.
- Fraser D., Weary D.M., Pajor E.A., Milligan B.N. 1997 *A scientific conception of animal welfare that reflects ethical concerns*. *Animal Welfare*, 6: 187-205.
- Luzi F., Xiccato G., Trocino A. 2009. *Conigli*. En: Carenzi C., Panzera M. (Eds.). *Etologia applicata e benessere animale*. Le Point Vétérinaire Italie srl. Milan, Italia, pp. 107-120.
- Rosell J.M, de la Fuente L.F. 2008. *Health and body condition of rabbit does on commercial farms*. En: *9th World Rabbit Congress*. Verona, Italia, pp. 1065-1069.
- Trocino A., Filiou E., Tazoli M., Bertotto D., Negrato E., Xiccato G. 2014. *Behaviour and welfare of growing rabbits housed in cages and pens*. *Livestock Science*, 167: 305-314.
- Verga M., Luzi F., Carenzi C. 2007. *Effects of husbandry and management systems on physiology and behaviour of farmed and laboratory rabbits*. *Hormones and Behavior*, 52: 122-129.

Estrés y vida productiva en conejas

Stress and productive life in rabbit does

Rodenas L.¹, Martínez-Paredes E.¹, Machado L.², Cervera C.^{1*}

¹ Instituto de Ciencia y Tecnología Animal, Universitat Politècnica de Valencia, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, España

² Programa Ciencia Sin Fronteras – CNPQ. Departamento de Ciencias Agrárias, Instituto Federal Minas Gerais, Carretera Bambuí-Medeiros, km 5, 38900-000 Bambuí, Brasil

*Dirección de contacto: ccervera@dca.upv.es

RESUMEN

Se contabilizó el tiempo en producción de 110 conejas durante 4 o 5 partos. La mitad se alojaron en jaulas individuales con plataforma y la otra mitad en jaulas colectivas (juntas durante la gestación y final de lactación y separadas desde el parto hasta los 18 días postparto). Se midió el contenido en cortisol en el pelo de 31 conejas a la primera inseminación, segundo destete y quinto destete, así como en las heces de 20 conejas al parto y a los 17 días postparto en el primero y cuarto parto. La vida productiva fue más corta en las jaulas colectivas que en las individuales (170 vs. 211 días), los valores de cortisol en pelo aumentaron más hasta el segundo destete (0,65 vs. 0,12 ng/g) pero el incremento al final del periodo fue igual en ambos grupos (en torno a 0,80 ng/g). Igualmente, los valores de cortisol en heces fueron mayores en las jaulas colectivas frente a las individuales en el primer parto (100 vs. 77 ng/g), pero no al cuarto parto (en torno a 40 ng/g en ambos grupos). Estos resultados parecen indicar un nivel de estrés similar en ambos alojamientos en las conejas multiparas, pero mayor en las conejas primíparas alojadas en jaulas colectivas, que afecta a la vida productiva porque acarrea su eliminación temprana frente a las conejas alojadas individualmente (27 vs. 9%).

Palabras clave: Conejas, alojamiento en grupo, plataforma en jaula, cortisol.

ABSTRACT

The productive life of 110 rabbit females was measured along four or five parturitions. Half of them were allocated in individual cages and the other half in a mixed housing system (collective pens during pregnancy and late lactation and individual cages from near parturition to 18 days post-parturition). Cortisol content in hair of 31 females at first insemination and second and fifth weaning, and cortisol content in faeces of 20 rabbit does at insemination and 17 days post-parturition at first and fourth parturition were analysed. Productive life were shorter in collective pens related to individual cages (170 vs. 211 days), cortisol in hair increased more in first parturitions (0.65 vs. 0.12 ng/g) but were similar along the complete period (0.80 ng/g). Faecal cortisol were higher at first parturition in collective pens (100 vs. 77 ng/g), but no at fourth parturition (about 40 ng/g). The results could indicate a higher stress in rabbit does at first parturition in collective pens versus individual cages that affect productive life because early elimination of rabbit does (27 vs. 9%).

Keywords: Rabbit females, group housing, platform cage, cortisol.

INTRODUCCIÓN

El conejo se adapta bastante bien a la domesticación, pero es un animal muy sensible a los estímulos y fácilmente asustadizo. Cualquier alteración ocasiona una descarga en cascada de hormonas en el eje hipotálamo-hipófisis-adrenales (HPA), por lo que la actividad de éste se utiliza como medida de estrés y de bienestar. El cortisol es una de estas hormonas y una de las más usadas como indicador de estrés.

Szeto et al. (2004) encontraron que las conejas segregan cortisol siguiendo un ritmo circadiano, con valores en sangre altos entre las 12-18 horas (0,91 µg/dL) y bajos a las 6 h (0,44 µg/dL), lo que es bastante coherente con los hábitos de un animal nocturno.

Para el análisis de cortisol se pueden utilizar distintas matrices. En las heces, sirven para realizar medidas puntuales, ya que son una de las principales vías de eliminación del cortisol producido. Por otro lado, la medición del cortisol en el pelo es especialmente adecuado para hacer medidas por largos periodos, ya que entra en esta por difusión pasiva desde los capilares y su valor es el resultado de un proceso acumulativo.

Comin *et al.* (2012) encontraron que, en condiciones ambientales estables y de no estimulación externa del eje hipotálamo-hipófisis-córticosuprarrenal (HPA), los valores de cortisol en pelo de conejas de 8 meses de edad variaban entre 1 y 5,7 pg/mg. Esto parece indicar que la respuesta individual de cada animal a los mismos estímulos envuelve diferentes niveles de actividad del HPA y, por tanto, de niveles de estrés, lo que podría aumentar la susceptibilidad de los animales más sensibles a enfermedades, inmunosupresión (Sevi, 2009), afectar a su proceso reproductivo interaccionando con el eje hipotálamo-hipófisis-ovario (Boiti, 2004) y, con ello, a su vida productiva. En consecuencia, un importante grupo de conejas podrían ser eliminadas por problemas sanitarios o reproductivos, siendo su principal causa el estrés.

Los principales estresores en el conejo parecen estar relacionados con el alojamiento y con el manejo. Verga *et al.* (2007) señalan al espacio disponible como principal estresor físico porque afecta a la locomoción normal y aumenta el riesgo de daño físico, así como el clima, especialmente el calor (Cervera y Fernández Carmona, 2010) y la calidad del aire.

A su vez, se ha señalado al estrés social y al miedo, asociados a comportamientos agonístico/defensivos en general, como los principales causantes de estrés en alojamientos colectivos, mientras que comportamientos no agonísticos o conciliadores y la inactividad se relacionan con niveles bajos de glucocorticoides.

Los sistemas de alojamiento propuestos para la cría de conejas proponen el uso de jaulas individuales y/o de jaulas colectivas, y muchos autores han encontrado indicadores de bienestar distintos en unas y otras (Hoy y Matics, 2016), incluido el valor de cortisol en pelo desde el principio de la vida reproductora (Cervera *et al.*, 2018a). Sin embargo, también con algunos tipos de jaulas individuales se han registrado valores altos de cortisol en pelo (Cervera *et al.*, 2018b), equiparables a los registrados en conejas en jaulas colectivas.

El objetivo de este trabajo fue estudiar la posible relación entre indicadores de estrés y la vida productiva de conejas en los dos sistemas de alojamientos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron 110 conejas núlparas en dos series experimentales, inseminadas por primera vez a los 4 meses de edad y alojadas en dos tipos de jaula, individual (I) o colectiva (C), donde permanecieron durante 4 partos (serie 1) o 5 partos (serie 2), o hasta su muerte o eliminación, contabilizando el número de partos y los días que permaneció en la experiencia.

Las jaulas individuales tenían unas dimensiones de 40 x 98 cm de base y una altura de 60 cm en una parte de la jaula donde se incluía una plataforma de 39 cm de ancho y 26 cm de profundidad elevada a 22 cm del suelo de la jaula, y con nido interior (40x22x39 cm). Las jaulas comunitarias tenían unas dimensiones de 240 x 100 cm de base y una altura de 65 cm, con un espacio previsto para colocar 6 nidos de 39 x 25 cm de base cada uno y una altura de 36 cm, que quedaban hundidos a 8 cm de profundidad. Así, las dimensiones totales disponibles por coneja de la jaula individual eran de 4960 cm² (3920 cm² en la jaula y 1040 cm² en la plataforma), mientras que las jaulas colectivas tenían unas dimensiones de 24000 cm² y estaban diseñadas para alojar 6 conejas con sus camadas, lo que representan 4000 cm²/coneja, a los que se pueden sumar otros 975 cm², correspondientes a la parte superior del nido a la que la coneja tiene acceso y utiliza a modo de plataforma elevada.

Todas las conejas se inseminaron a los 11 días post-parto y los gazapos se destetaron a los 28 días de edad. Las conejas del grupo I permanecieron siempre en la misma jaula individual, mientras que las del grupo C se alojaron en la jaula colectiva desde los 18 días post-parto hasta los 28 días de gestación del ciclo siguiente, luego la jaula era compartimentada con paredes desmontables en 6 espacios individuales hasta los 18 días post-parto.

El día 29 de gestación (posterior a la individualización de las conejas en jaulas colectivas) y durante el día 17 post-parto (anterior al reagrupamiento de las conejas en jaulas colectivas) se muestrearon las heces de 10 animales de cada grupo, en el primero y cuarto parto, para analizar su contenido en cortisol, según el método descrito por Tallo-Parra *et al.* (2015).

El contenido de cortisol en pelo se analizó en muestras de la parte anterior de la cara de otras 31 conejas (18 del grupo I y 13 del grupo C), tomadas a la primera inseminación, al segundo destete y al quinto destete para su análisis de contenido en cortisol.

Los datos de vida productiva y número de partos fueron analizados estadísticamente mediante análisis de varianza, utilizando el paquete estadístico Statgraphics Centurion, e incluyendo los factores sistema de alojamiento (colectivo e individual) y serie experimental. Para el análisis de cortisol en heces se incluyeron

los factores sistema de alojamiento, orden de parto (primero a cuarto) y el estado fisiológico de la hembra en el momento de la medida (gestante o lactante). Para el análisis de cortisol en pelo se incluyeron los factores sistema de alojamiento y parto (primero, segundo y quinto).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos sobre la vida productiva de las conejas y el cortisol en pelo según el sistema de alojamiento.

Tabla 1. Vida productiva de la coneja e incremento de los valores de cortisol en pelo (ng/g MS) desde la primera inseminación (IA) al segundo destete (D2) y al quinto destete (D5) según el sistema de alojamiento.

	I	C	SE	P
N= 110	55	55		
Vida productiva (d)	211 ^b	170 ^a	10,5	0,007
Nº partos	3,9 ^b	2,9 ^a	0,21	0,002
N= 31	18	13		
Incremento cortisol IA a D2	0,12 ^a	0,65 ^b	0,17	0,028
Incremento cortisol IA a D5	0,77	0,89	0,16	0,581

I: Alojamiento individual. C: Alojamiento en semigrupo. SE: Error estándar. P: significación estadística. Medias en la misma línea con letras distintas son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

La vida productiva de la coneja fue más corta en el alojamiento colectivo ($P < 0,01$), con la correspondiente reducción del número de partos obtenidos por hembra, lo que muchos autores han relacionado con mayores niveles de estrés en estas condiciones de cría. Sin embargo, el incremento de cortisol en el pelo de las conejas que completaron los cinco partos fue similar, lo que parece contradecir la hipótesis anterior, aunque sí es cierto que había sido mayor durante los dos primeros partos ($P < 0,05$) en las conejas de alojamiento colectivo.

La forma de afrontar el estrés por parte de los animales responde a dos tipos de respuestas: activa, que involucra la activación del sistema simpático-adrenal-medular y relacionado con la liberación de epinefrina y nor-epinefrina, y pasiva, que involucra al eje HPA y el aumento de corticosteroides, pero el manejo y el entorno, así como el genotipo y la experiencia individual pueden modificar la forma de afrontar el estrés y su efectividad. Si el animal falla en el intento aparece el estrés prolongado o crónico (Verga *et al.*, 2007).

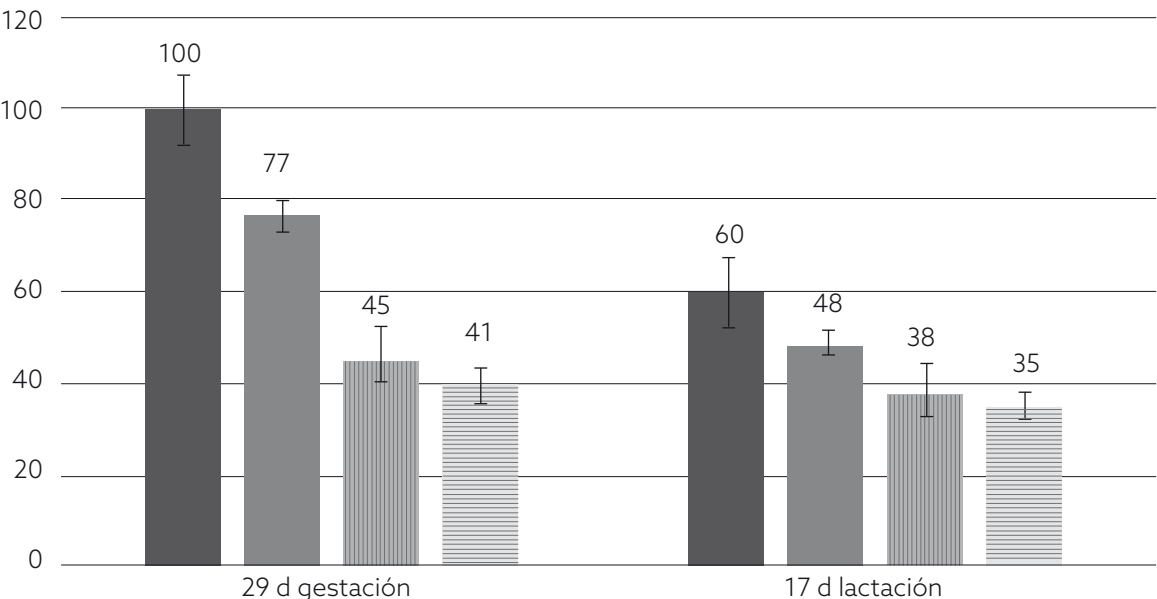
El comportamiento del incremento de cortisol en pelo de esta experiencia, no parece indicar que el estrés crónico a largo plazo del alojamiento en semigrupo sea más importante que el que registraron las conejas en las jaulas individuales con plataforma, pero sí parece tener importancia al principio de su vida productiva, lo que debería quedar reflejado en la producción (y eliminación) de cortisol en las conejas jóvenes.

En la Figura 1 se muestra la eliminación de cortisol en las heces de las conejas en el primero y en el cuarto parto en jaulas colectivas, después de haber estado juntas (29 d gestación) o separadas (17 d lactación), y los valores correspondientes en las conejas alojadas en jaulas separadas durante todo el ciclo productivo.

Estos resultados parecen confirmar el planteamiento anterior, ya que las diferencias más importantes entre alojamientos se dan en el primer parto, donde las conejas alojadas en jaulas colectivas, tanto en el día 29 de gestación como en el día 17 de lactación, dieron valores de cortisol más del doble que las obtenidas en el 4º parto, con diferencias significativas ($P < 0,05$) frente a las registradas en las jaulas individuales. Sin embargo, esta diferencia desaparece en el 4º parto y los valores son similares para ambos tipos de alojamiento y en los dos estados fisiológicos. Andrist *et al.* (2012) también han encontrado valores de glucocorticoides menores en las heces de hembras reagrupadas cuando el grupo era estable.

La disminución en los niveles de cortisol en el 4º parto, tanto en la fase de gestación como en la fase de lactación, pueden deberse a diferentes causas. Dado que estos valores disminuyen tanto en las jaulas individuales como en las jaulas colectivas, se puede suponer que la nidificación y el proceso de parto es más estresante en las conejas primíparas que en las múltiparas, pero, a la vez, la mayor caída de los niveles de cor-

Figura 1. Efecto del alojamiento individual con plataforma (claro) o colectivo en semigrupo (oscuro) sobre la producción de cortisol de conejas primíparas (sólido) y múltiparas (punteado).



tisol en las jaulas colectivas podría indicar la capacidad de adaptación de la coneja, que reduce las respuestas fisiológicas y conductuales a un estímulo estresante que se repite con el tiempo como es el agrupamiento, hasta el punto de que ha desaparecido su carácter de estresor tras cuatro ciclos productivos.

Distintos autores han encontrado que siempre que se agrupan las conejas, se crean conflictos jerárquicos (Szendro *et al.*, 2019), pero, en un estudio realizado con estos mismos animales sobre la capacidad de habituación de las conejas (Montaner, 2018), se encontró un cierto grado de adaptación a esta dinámica de conflicto, que se demuestra por la menor frecuencia de fuga y el mayor tiempo de descanso observado en las conejas múltiparas cuando se reagrupaban, frente al comportamiento que exhibieron cuando estaban en su primer parto.

Sin embargo, el efecto de este estrés inicial repercutió sobre la vida media de las conejas, ya que un mayor número de ellas fueron eliminados o mueren de forma temprana, sin haber llegado a ningún parto o habiendo completado solo uno, en el alojamiento colectivo frente al individual (27% vs. 9%), y un menor número de conejas completaron el periodo experimental previsto (47% vs. 74%).

Los resultados obtenidos en este trabajo indican que la cría en semigrupo de conejas reproductoras es un estresor importante en las conejas primíparas, pero no tanto en las conejas múltiparas, que parecen haberse habituado al manejo, si bien afecta a la vida productiva de la coneja al inducir una eliminación temprana. Otros estresores importantes parecen actuar también tanto en las jaulas comunitarias como en las individuales estudiadas, que sería deseable identificar y solucionar.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrist C.A., Bigler L. M., Wurbel H., Roth B.A. 2012. *Effects of group stability on aggression, stress and injuries in breeding rabbits. Appl. Anim. Behav. Sci.*, 142: 182-188.
- Boiti C. 2004. *Underlying physiological mechanisms controlling the reproductive axis of rabbit does. En: 8th World Rabbit Congress, 7-10 September, 2004. Puebla, Mexico: 186-206.*
- Cervera C., Fernández Carmona J. 2010 *Nutricion and the climatic environment. En: C. de Blas and J. Wiseman (eds). Nutrition of the rabbit. 2nd Ed. CAB International. Wallingford. UK. pp. 267-284.*
- Cervera C., Ródenas L., Martínez-Paredes E. 2018a. *Bienestar y salud de conejas y gazapos en sistemas de alojamiento individual o colectivo en semigrupo. En: 43 Symposium de Cunicultura. Calamocha, España, pp. 114-119.*

- Cervera C., Gómez E.A., Pérez-Fuentes S., Villagrà A. 2018b. Bienestar y salud en conejas reproductoras. En: 43 Symposium de Cunicultura. Calamocha, España, pp. 33-42.
- Comin A., Zufferli V., Peric T., Canavese F., Barbetta D., Prandi A. 2012. Hair cortisol levels determined at different body sites in the New Zealand White rabbit. *World Rabbit Sci.*, 14: 77-93.
- Hoy St, Matics Zs. 2016. Alternative housing systems for Rabbit does. In: 11th World Rabbit Congress, Qimгдаo, China, pp 637-651.
- Montaner A. 2018. Comportamiento de conejas lactantes durante la formación de grupos. Trabajo fin de grado. Universitat Politècnica de Valencia.
- Sevi A. 2009. Animal-based measures for welfare assessment. *Ital. J. Anim. Sci.*, 8: 897-899.
- Szendro Z.S., Trocino A., Hoy S.T., Xiccato G., Villagrà A., Maertens L. 2019. A review of recent research outcomes on the housing of farmed domestic rabbits: reproducing does. *World Rabbit Sci.*, 27: 1-14.
- Szeto A., Gonzales J.A., Spitzer S.B., Levine J.E., Zaias J., Saab P.G., Schneiderman N., McCabe P.M. 2004. Circulating levels of glucocorticoid hormones in WHHL and NZW rabbits: circadian cycle and response to repeated social encounter. *Psychoneuroendocrino.*, 29: 861-866.
- Tallo-Parra O., Manteca X., Sabes-Alsina M., Carbajal A., López-Bejar M. 2015. Hair cortisol detection in dairy cattle by using ELA: protocol validation and correction with faecal cortisol metabolites. *Animal*, 9: 1059-1064.
- Verga M., Luzi F., Carenzini C. 2007. Effects of husbandry and management systems on physiology and behaviour of farmed and laboratory rabbits. *Horm. Behav.*, 52: 122-129.

Estación, tamaño y densidad del grupo de conejas durante la recría y productividad

Season, group size and stocking density with young rabbit females and productivity

Martínez-Paredes E., Rodenas L., Cervera C.*

Instituto de Ciencia y Tecnología Animal, Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, España

*Dirección de contacto: cservera@dca.upv.es

RESUMEN

Se ha comparado el crecimiento, las lesiones cutáneas a la inseminación (0 a 3) y la producción al primer parto de 115 conejas de reposición, de 12 semanas de vida, en dos periodos distintos, primavera y verano. Al inicio de la recría fueron alojadas en jaulas de dos tamaños, una grande para alojar grupos numerosos (16 a 24 conejas) y otra pequeña para alojar grupos pequeños (2 a 4 animales). En cada una de ellas se alojaron animales a dos densidades, alta (33 kg/m²) y baja (20 kg/m²). Después de la primera inseminación se distribuyeron en dos grupos según el tipo de alojamiento, individual y colectivo en semigrupo (juntas hasta los 28 días de gestación e individualizadas hasta los 18 días de lactación), y se contabilizaron los tamaños de camada al parto, destete y al sacrificio, así como la mortalidad en dichos periodos. El crecimiento de las conejas desde las 12 semanas a la inseminación fue menor durante el verano que en primavera (18,6 vs. 24,8 g/día) y en las jaulas grandes que en las pequeñas (20,2 vs. 23,2 g/día). La valoración de las lesiones fue mayor en las jaulas grandes (0,8 vs. 0,5), con las densidades más altas (0,9 vs. 0,4) y en los animales de primavera que eran de mayor tamaño (1,17 vs. 0,12). Los rendimientos al primer parto solo se vieron afectados por el alojamiento de las madres después de la inseminación, con tamaños de camada al parto más pequeños en las colectivas (8 vs. 9,9), menor mortalidad en el cebadero (18% vs. 26%), por lo que el tamaño de camada al sacrificio fue mayor (7,4 vs. 6,4) en comparación al alojamiento individual.

Palabras clave: reposición, alojamiento en grupo, tamaño de jaula, densidad.

ABSTRACT

The growth, injuries at insemination (from 0 to 3) and productivity of 115 young rabbit females were measured from 12 weeks of age to first parturition, in two periods, spring and summer. Half of them was allocated in big cages (16 to 24 rabbits) and the other half in small cages (2 to 4 rabbits), as well as at two stocking density (33 and 20 kg/m²). After insemination, half of them were allocated in individual cages and the other half in a mixed housing system (collective cages during pregnancy and late lactation, and individual cages from near parturition to 18 days post-parturition), and litter size at partum, weaning and slaughter were recorded. Young rabbit females growth from 12 weeks to insemination age was lower in summer than in spring season (18.6 vs. 24.8 g/day) and in big cages than in small ones (20.2 vs. 23.2 g/day). The injuries score were bigger in big cages (0.8 vs. 0.5), in higher stocking density (0.9 vs. 0.4) and during spring season (1.17 vs. 0.12). The productivity at first parturition were affected only by allocation after insemination; litter size at partum were lower in collective pens (8 vs. 9.9), but the mortality after weaning period were lower (18% vs. 26%), and, consequently, the litter size at slaughter time was higher (7.4 vs. 6.4) respect individual cages.

Keywords: young rabbit females, group housing, cage size, density.

INTRODUCCIÓN

Uno de los desafíos en los que está inmersa la cunicultura actual es mejorar el grado de bienestar de los animales sin perjudicar la productividad. Para poder cumplir con este desafío es necesario buscar nuevos sistemas de producción que se adapten a las necesidades actuales en materia de bienestar. Uno de estos intentos es la cría de las conejas en sistemas colectivos en semigrupo, sin que, hasta la fecha, se hayan

obtenidos resultados que evidencien una mejora real, tanto de producción como de bienestar, debido a los problemas de agresiones entre las hembras por establecer la jerarquía cuando son reagrupadas (Graf *et al.*, 2011; Maertens *et al.*, 2015; Cervera *et al.*, 2017 y 2018).

Por otra parte, diversos autores han señalado que buena parte del potencial productivo de la coneja puede estar definido ya antes de que ésta empiece la reproducción (Savietto *et al.*, 2010) y, por tanto, la época de la recría podría ser utilizada para mejorar dicho potencial y para habituar a las conejas a la cría en grupo, pero no hay información al respecto.

Además, se ha observado que tanto las condiciones ambientales, en especial la temperatura (Cervera y Fernández Carmona, 2010), como el tamaño del grupo y la densidad (Trocino *et al.*, 2015) afectan al crecimiento y al peso final en animales en cebo, lo que también podría acabar afectando a la productividad de las futuras reproductoras.

El objetivo de este trabajo fue estudiar en qué medida factores como la estación del año, el tamaño del grupo y la densidad durante la fase de recría de las conejas pueden tener efecto sobre la productividad de las conejas en el primer parto, y si varían cuando las conejas se alojan, tras la inseminación, individual o colectivamente.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron 115 conejas de 12 semanas de vida, en dos periodos, 51 en primavera (P) y 64 en verano (V), que fueron alojadas en jaulas para grupos grandes de 16 a 24 animales (G) o en jaulas para grupos reducidos, para 2 a 4 conejas (R) y con dos densidades de animales distintas, 33 y 20 kg/m², referidas al peso a la inseminación. Los pesos de las conejas fueron registrados a las 12 semanas y a la inseminación, se calculó el crecimiento diario durante este periodo, y se hizo una valoración de las lesiones cutáneas que presentaban a la inseminación, siendo 0= no lesión, 1= arañazos, 2= lesión cutánea y 3= lesión grave o absceso.

Las conejas fueron inseminadas a los 4 meses y 4,5 meses de edad, para los grupos de primavera (Pr) y verano (V), respectivamente. Las conejas que no quedaron gestantes se volvieron a inseminar 21 días después. Tras la inseminación se cambió su alojamiento a jaulas colectivas para 6 animales en semigrupo (44 conejas, grupo C) o a jaulas individuales (71 conejas, grupo I), con una superficie disponible por coneja en ambas jaulas de 4000 cm².

Las conejas del grupo I permanecieron en la misma jaula durante toda la gestación y lactación, mientras que las del grupo C se alojaron en la jaula colectiva desde la inseminación hasta los 28 días de gestación, siendo luego compartimentada, con paredes desmontables, en 6 jaulas individuales hasta los 18 días post-parto. Tras el parto, las camadas eran igualadas con el mismo número de gazapos para todos los tipos de alojamiento, realizando las adopciones correspondientes. Los gazapos se destetaron a los 28 días de edad, pasando a las jaulas de cebo en grupos de 8 animales (densidad de 40 kg/m²) y se sacrificaron a los 56 días.

Además, se registraron el número de inseminaciones necesarias para quedarse gestante y los tamaños de la camada al parto, destete y sacrificio, calculando la mortalidad en cada periodo.

Los datos fueron analizados estadísticamente mediante análisis de varianza, utilizando el paquete estadístico Statgraphics Centurion, e incluyendo los factores periodo, jaula de recría, densidad de animales y sistema de alojamiento en lactación, con sus interacciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos sobre el tamaño de las jaulas y la densidad de animales durante la recría. Las condiciones de alojamiento durante la recría afectaron al crecimiento de las conejas jóvenes y a la valoración de lesiones al final de este periodo, pero no se registró ningún efecto significativo sobre el rendimiento productivo en el primer parto.

Tabla 1. Efecto del tamaño de la jaula y de la densidad de animales durante la recría sobre el crecimiento de las conejas jóvenes.

Tamaño de jaula	G	R	SE	P
Peso 12 semanas (g)	2751	2742	37	0,845
Peso Inseminación (g)	3407	3507	45	0,076
Crecimiento recría (g/d)	20,2	23,2	0,74	0,001
Lesiones (valor 0-3)	0,8	0,5	0,13	0,037
Densidad de animales (kg/m²)*	20	33		
Peso 12 semanas (g)	2747	2745	37,4	0,981
Peso Inseminación (g)	3436	3478	45	0,463
Crecimiento recría (g/d)	21,1	22,3	0,74	0,167
Lesiones (valor 0-3) **	0,4	0,9	0,13	0,002

G: jaula para 16 a 24 hembras. R: jaula para 2 a 4 hembras. SE: error estándar. P: significación estadística. *: medida según el peso de las conejas en el momento de la inseminación. **: valor medio de las lesiones observadas según la siguiente clasificación: 0= no lesión, 1= arañazos, 2= lesión cutánea y 3= lesión grave o absceso.

La recría en grupos numerosos de animales penalizó el crecimiento ($P<0,01$), dando pesos ligeramente menores a la inseminación. Las dos densidades empleadas en este trabajo se sitúan por debajo de los 40 kg/m², valor que muchos autores han señalado como referencia para el bienestar de animales en crecimiento, sin registrarse efecto significativo sobre este parámetro (Szendro y Dalle Zotte, 2011). Sin embargo, la valoración de lesiones fue más alta para grupos grandes ($P<0,05$) y con densidades más altas ($P<0,01$), lo que coincide con lo señalado por Princz *et al.* (2008), Szendro *et al.* (2009), Xiccato *et al.* (2013) y Trocino *et al.* (2015) para animales en crecimiento. El efecto de la mayor densidad de animales fue especialmente importante con los animales criados en primavera ($P<0,01$), que tenían mayor tamaño, mientras que los criados durante el verano no dieron valoraciones diferentes.

La época del año tuvo un efecto muy significativo sobre el crecimiento y peso de las conejas jóvenes, y afectó también a su rendimiento durante el primer parto (Tabla 2).

Tabla 2. Efecto de la época del año, primavera (Pr) o verano (V) sobre el crecimiento y producción de las conejas al primer parto.

	Pr	V	SE	P
Peso 12 semanas (g)	2916	2577	37	0,0001
Peso Inseminación (g)	3612	3302	45	0,0001
Crecimiento recría (g/d)	24,8	18,6	0,74	0,0001
Lesiones (valor 0-3) *	1,17	0,12	0,13	0,0001
Nº Inseminaciones	1,3	1,6	0,11	0,0257
Nº Nacidos vivos	10	7,9	0,72	0,0147
Mortalidad parto (%)	4	17	4,8	0,0214
Nº Destetados	9,2	8,3	0,4	0,0847
Mortalidad lactación (%)	8	9	3,61	0,7609
Nº sacrificio	7,3	6,5	0,26	0,0245
Mortalidad cebo (%)	20	24	2,1	0,1075

SE: error estándar. P: significación estadística. *: valor medio de las lesiones observadas según la siguiente clasificación: 0= no lesión, 1= arañazos, 2= lesión cutánea y 3= lesión grave o absceso.

Como han encontrado muchos autores, las temperaturas ambientales más altas registradas durante el verano penalizaron gravemente los pesos y el crecimiento de las conejas jóvenes ($P<0,001$), lo que hizo que el peso a la inseminación fuera un 8% menor, a pesar de que el periodo de recría se prolongó dos semanas más. Este hecho podría ser la razón del mayor número de inseminaciones requeridas para quedarse gestantes por parte de las conejas del grupo de verano ($P<0,05$). La valoración de lesiones fue más grave en primavera, cuando los animales eran más grandes, especialmente cuando se utilizaron densidades mayores ($P<0,001$), llegando hasta valores de 1,6. Por otro lado, con un menor peso registrado por parte de las conejas criadas en verano, los valores observados en las lesiones fueron muy bajos (0,1), independientemente del tamaño y de la densidad de los grupos, tal como se muestra en la Figura 1.

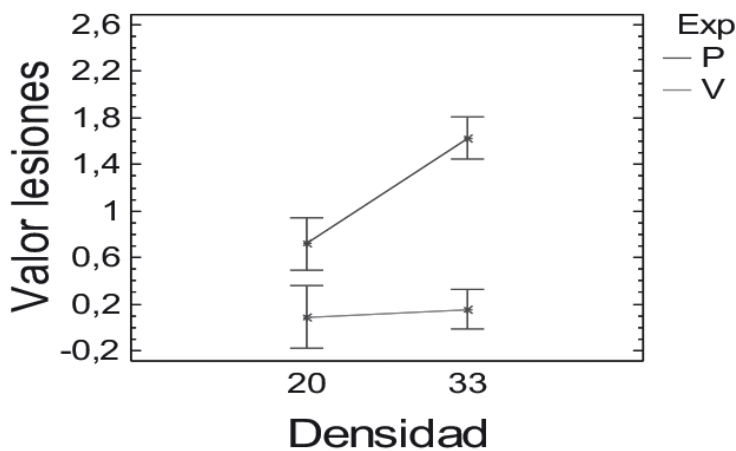


Figura 1. Lesiones en las conejas a la inseminación (valor 0 a 3) según la época de recría, primavera (P línea superior) o verano (V línea inferior) y la densidad de animales en la jaula (20 o 33 kg/m²).

Todos los valores productivos del primer parto de las conejas de verano fueron peores que las de primavera, excepto la mortalidad de los gazapos lactantes y en crecimiento, que no mostraron diferencias entre los grupos.

El alojamiento de las conejas reproductoras también afecta a su rendimiento productivo, tal como muestra la Tabla 3. Al igual que han encontrado otros autores (Maertens y Buij, 2013; Cervera *et al.*, 2017), el alojamiento colectivo aumentó al número de inseminaciones ($P<0,05$) y redujo el tamaño de las camadas al parto ($P<0,05$) que registraron las conejas, frente a aquellas alojadas individualmente, maximizándose el efecto en las conejas criadas durante el verano, que necesitaron 2 inseminaciones frente a 1,2 en los restantes grupos, y tuvieron 6,5 gazapos al parto frente a 9-10 en los restantes grupos. Sin embargo, la supervivencia de los gazapos durante el cebo fue peor ($P<0,01$) cuando los gazapos procedían de las jaulas individuales, especialmente en las conejas del verano, que alcanzaron valores de mortalidad del 32% frente a valores de 16 a 20% en los restantes grupos.

Tabla 3. Efecto del alojamiento en lactación, colectivo (C) o individual (I) sobre la producción de las conejas al primer parto

	C	I	SE	P
Nº Inseminaciones	1,6	1,3	0,11	0,017
Nº Nacidos vivos	8	9,9	0,72	0,038
Mortalidad parto (%)	14	8	4,8	0,301
Nº Destetados	8,9	8,6	0,4	0,511
Mortalidad lactación (%)	7	10	3,6	0,404
Nº sacrificio	7,4	6,4	0,26	0,003
Mortalidad cebo (%)	18	26	2,1	0,006

SE: error estándar. P: significación estadística. Medias de los valores de inseminación con letras distintas son significativamente diferentes ($P<0,05$).

Los resultados obtenidos muestran que el tamaño y la densidad de los grupos de conejas durante la recría tienen poca repercusión sobre el rendimiento posterior de la coneja, tanto si se alojan en jaulas individuales como colectivas, aunque los grupos más grandes y las densidades más altas pueden ocasionar más lesiones superficiales, lo que podría tener algún efecto sobre su vida productiva.

BIBLIOGRAFÍA

- Cervera C., Fernández Carmona J. 2010 *Nutrition and the climatic environment*. En: C. de Blas and J. Wiseman (eds). *Nutrition of the rabbit*. 2nd Ed. CAB International. Wallingford. UK. pp. 267-284.
- Cervera C., Martínez-Paredes E., Machado L., Villagrà A. 2017. *Producción de conejas en sistemas de alojamiento individual o colectivo en semigrupo*. En: XLII Symposium de Cunicultura. Murcia, España, pp. 105-108.
- Cervera C., Ródenas L., Martínez-Paredes E. 2018. *Bienestar y salud de conejas y gazapos en sistemas de alojamiento individual o colectivo en semigrupo*. En: 43 Symposium de Cunicultura. Calamocha, España, pp. 114-119.
- Graf S., Bigler L., Failing K., Würbel H., Buchwalder T. 2011. *Regrouping rabbit does in a familiar or novel pen: Effects on agonistic behaviour, injuries and core body temperature*. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 135: 121-127.
- Maertens L., Buijs S. 2013. *Performances de femelles logées temporairement en groupe dans des parcs polyvalents et en système tout plein tout vide*. En: 15èmes Journ. Rech. Cunicole. Le Mans, France, pp. 35-38.
- Maertens L., Buijs S., Tuytens F.A.M. 2015. *L'impact d'un logement temporairement en groupe et du sol sur le bien-être des lapines*. En: 16èmes Journ. Rech. Cunicole. Le Mans, France, pp. 215-218.
- Princz Z., Dalle Zotte A., Radnai I., Bíró-Németh E., Matics Z., Gerencsér Z., Nagy I., Szendrő Z. 2008. *Behaviour of growing rabbits under various housing conditions*. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 111: 342-356.
- Savietto D., Ródenas L., Martínez-Paredes E., Esteve J.M., Villalba C., Fabre C., Blas E., Cervera C., Pascual J.J. 2010. *Efecto del peso al nacimiento y del pienso de recría sobre el desarrollo y reproducción de las conejas*. En: XXXV Symposium de Cunicultura. Segovia, España, pp. 61-64.
- Szendro Zs., Dalle Zotte A. 2011. *Effect of housing conditions on production and behaviour of growing meat rabbits: A review*. *Livestock. Sci.*, 137: 296-303.
- Szendro Zs., Princz Z., Romvári R., Locsmándi L., Szabó A., Báczár Gy., Radnai I., Bíró-Németh E., Matics Zs., Nagy I. 2009. *Effect of group size and stocking density on productive, carcass, meat quality and aggression traits of growing rabbits*. *World Rabbit Sci.*, 17: 153-162.
- Trocino A., Filion E., Tazçoli M., Birolo M., Zuffellato A., Xiccato G. 2015. *Effects of floor type, stocking density, slaughter age and gender on productive and qualitative traits of rabbits reared in collective pens*. *Animal*, 9: 885-861.
- Xiccato G., Trocino A., Filion E., Majolini D., Tazçoli M., Zuffellato A. 2013. *Bicellular cage vs. collective pen housing for rabbits: Growth performance, carcass and meat quality*. *Livestock. Sci.*, 155: 407-414.

Comparación de jaulas de maternidad con plataforma frente a jaulas convencionales en una prueba de campo

Field trial: Comparing maternity platform-cages versus conventional ones

López M.^{1*}, Gómez.E.A.³, Cervera C.²

¹Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, Spain

²Instituto de Ciencia y Tecnología Animal, Universitat Politècnica de València, València, Spain

³CITA, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Apartado 187, 12400 Segorbe (Castellón), Spain

*Dirección de contacto: marina@unizar.es

RESUMEN

La utilización de una jaula de mayores dimensiones y con plataforma (PI) se ha comparado con las jaulas utilizadas (Es) en dos explotaciones comerciales, utilizando 56 conejas en cada grupo durante 6 ciclos productivos. Los resultados indican pocas diferencias productivas entre los dos tipos de jaulas, pero algunas de ellas relevantes. La mortalidad de gazapos en el nido fue mayor en PI que en Es (11% vs. 9,1%), así como la pérdida total de camadas (5,6% vs. 2,6%), el peso del gazapo al destete fue menor (1005g vs. 1032g) y el índice de conversión en lactación aumentó (2,9 vs. 2,5). Un mayor número de conejas se mostraron agresivas en PI que en Es (2,2% vs. 0,4%) cuando eran manipuladas y más jaulas estaban sucias y necesitaron limpieza durante cada ciclo (13% vs. 0,9%).

Palabras clave: conejas, bienestar, jaula, plataforma.

ABSTRACT

Larger individual cages for rabbit does with platform (PI) were compared with conventional cages (Es) in two farms, using 56 does by group, during 6 reproductive cycles. No differences were found related to productivity, but mortality during lactation and loss of litters were higher in PI group than in Es group (11% vs. 9.1% and 5.6% vs. 2.6%, respectively), weight of weaned kits was lower (1005g vs. 1032g) and feed conversion during lactation was higher (2.9 vs. 2.5). Does aggressiveness increased in PI cages related to Es ones (2.2% vs. 0.4%) and more cleaning tasks were required (13 % vs. 0.9 % of the cages) every cycle.

Key words: rabbit does, welfare, cage, platform.

INTRODUCCIÓN

El creciente interés por el bienestar de los animales de producción en Europa ha llevado a estudiar distintos sistemas de cría para conejos. En el alojamiento individualizado de las madres reproductoras, uno de los puntos críticos que se considera que limita el bienestar es la dimensión de las jaulas (Verga *et al.*, 2007), que varían entre 3300 y 4700 cm² (Szendro *et al.*, 2019), aunque pocos estudios han comparado jaulas de diferentes dimensiones.

En un proyecto realizado en España (CUN2014-00001-00-00) a propuesta de INIA e Intercun, se compararon datos productivos, sanitarios, de bienestar y económicos de conejas alojadas durante 5 partos en tres jaulas de distintas dimensiones y diseños, encontrando mejoras significativas en la mayoría de los aspectos estudiados cuando se incrementa la superficie disponible (Cervera *et al.*, 2018).

Por otro lado, la mayor parte de los grupos europeos han propuesto la inclusión de una plataforma dentro de la jaula como elemento de enriquecimiento comportamental y de aumento de la superficie disponible. Los resultados son diversos, aunque en bastantes ocasiones se ha descrito un deterioro de la higiene de los animales por la retención de heces y el correspondiente perjuicio en su estado sanitario (Cervera *et al.*, 2018).

El presente trabajo forma parte del proyecto antes mencionado y el objetivo es evaluar la utilización en campo de una jaula de mayores dimensiones, diseñada en base a las propuestas de los grupos europeos, en comparación con las jaulas más empleadas en nuestro país.

MATERIAL Y MÉTODOS

En 2 granjas comerciales se estudiaron 2 grupos de 56 conejas reproductoras a lo largo de 6 ciclos, entre marzo y diciembre de 2018. En cada granja un grupo estaba alojado en jaulas experimentales provistas de plataforma (grupo Pl) y el otro en las jaulas comerciales estándar utilizadas en las granjas (grupo Es), cuyas dimensiones se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Dimensiones de las jaulas estándar y experimental empleadas.

	Estándar 1	Estándar 2	Experimental
Frontal (F, cm)	42	40	50
Lateral (L, cm)	92	75	61
Altura (A, cm)	34	38	62
Nido (F x L x A)	39 x 25,5 x 43,5 *	39 x 25 x 28	50 x 29 x 39,5
Plataforma (F x L)	No	No	26 x 39,5
Superficie total (cm²)**	3864	3975	5527

*: Nido incluido en las dimensiones de la jaula, **: Incluye jaula, nido y plataforma.

Las jaulas disponían de bebedero automático y de comedero de distribución manual, así como de nidal situado en la parte anterior de la jaula. Los comederos de las jaulas de plataforma y los de la jaula estándar de la granja 2 daban servicio a cuatro jaulas contiguas o a dos en las situadas junto a la pared, mientras que las jaulas estándar de la granja 1 tenían comederos individuales.

Todas las jaulas eran de acero galvanizado y estaban colocadas en la misma zona de la granja, y, por tanto, tenían similares condiciones ambientales. El suelo y la plataforma (situada a 28 cm del suelo) de las jaulas experimentales eran de varilla plástica de 6 mm de anchura y 11,5 mm de hueco entre varillas. El suelo de las jaulas estándar era de malla galvanizada de 2,5/3 mm de diámetro y 11 mm de hueco entre varillas, utilizándose reposapatas solamente en la granja 1.

En cada grupo y granja se introdujeron en las jaulas 56 conejas preñadas, tres días antes de su primer parto. Durante el periodo experimental se retiraron las conejas muertas o eliminadas y se sustituyeron por conejas nulíparas preñadas que se colocaron en las jaulas tres días antes del parto. Las conejas que no quedaban gestantes se mantenían en su jaula y se incorporaban a la siguiente inseminación, de modo que para cada parto las 56 jaulas estaban ocupadas por las conejas que iban a parir más las conejas que habían quedado no gestantes en ese ciclo.

El manejo experimental se adaptó al habitual en cada granja, con inseminación artificial en ciclo de 42 días. Las madres cruzadas procedían de esquemas de hibridación diferentes y también era distinto el semen paterno utilizado. Los gazapos se contabilizaban al nacimiento y se igualaban las camadas a 7 (granja 1) o 9 gazapos (granja 2) en el primer parto, y a 9-10 gazapos en los restantes. Si una coneja moría durante la lactación, sus gazapos se distribuían entre las conejas lactantes del mismo grupo, o bien se mantenían en su propia jaula si ya eran capaces de comer. Durante la lactación se anotaban las conejas que mostraban agresividad, y al inseminar se revisaban las reproductoras para detección de mamitis y pododermatitis. En el destete se contabilizaban tanto las conejas como las camadas que presentaban suciedad en la capa (orina, heces), las plataformas con excrementos, las jaulas y nidales que se habían limpiado durante esa lactación y, asimismo, los que presentaban suciedad en ese momento. Los gazapos se destetaron a los 35 días en la granja 1 y a los 37 días en la granja 2. En ambas granjas las jaulas de cebo eran de alambre galvanizado, de un solo piso y con capacidad de 7-8 conejos/jaula y una densidad de 35 y 37 kg/m². Los gazapos se distribuyeron al azar en las jaulas del cebadero, pero se mantuvieron dentro de su grupo de procedencia, sin conservar juntos el grupo de hermanos.

Se contabilizó el pienso consumido en cada grupo en las jaulas de lactación entre destete y destete, así como en las jaulas de cebo entre destete y final de engorde. El crecimiento de los gazapos durante la lacta-

ción y durante el engorde se midió pesando 20 conejos de cada grupo elegidos al azar en el momento del destete y al finalizar el cebo (60 días de edad en la granja 1 y 63 en la granja 2).

Se analizaron los siguientes caracteres: Reproductivos (Partos sobre inseminaciones, Media de nacidos totales (solo en granja 2) y vivos por parto, y media de destetados y vendidos por destete), Productivos (peso medio del gazapo al destete y a la venta, pienso de lactación por kg destetado, pienso de engorde por kg vendido e índice de conversión), Mortalidad (al nacimiento, en lactación y camadas perdidas y en engorde y conejas muertas y eliminadas) y Revisión de animales y jaulas (Camadas sucias, conejas agresivas, sucias, con mamitis o mal de patas y jaulas, nidales y plataformas sucios).

Los datos fueron analizados estadísticamente teniendo en cuenta los efectos de Granja, de Tipo de Jaula y de la posible interacción. Se incluyó el efecto Ciclo dentro de granja como efecto aleatorio, por lo que se utilizaron los modelos mixtos MIXED, asumiendo normalidad de los datos, y GLIMMIX, para datos binomiales, del paquete estadístico SAS (SAS, 2008). Los resultados se presentan como medias mínimo cuadráticas cuando se analizan datos con el primer procedimiento y como estimas de los valores medios en la escala de los datos, normalmente expresadas como porcentaje, en el segundo. En algunas ocasiones se incluyeron covariables en el modelo para comprobar si tenían efectos lineales sobre las variables estudiadas y explicar mejor las posibles diferencias entre grupos.

RESULTADOS

Con los datos de que disponemos nos centraremos en las diferencias observadas entre grupos según el Tipo de Jaula de maternidad. Así, no hubo diferencias en fertilidad (partos sobre inseminaciones) (Tabla 3) ni en nacidos totales (datos de una sola granja), nacidos vivos, ni número de destetados (Tabla 2). Tampoco hubo diferencias en mortinatalidad (en una sola granja) pero sí en mortalidad durante la lactación, que fue mayor en las jaulas con plataforma (11%) que en jaula estándar (9,1%), siendo mayores las diferencias en una granja que en la otra. El porcentaje de camadas perdidas también fue más elevado en las jaulas con plataforma (5,6% frente a 2,6%).

El peso medio al destete fue mayor en las jaulas estándar. La corrección por edad al destete y por tamaño medio de la camada al destete corregía el efecto Granja sobre el peso medio, pero el efecto Tipo de Jaula se mantenía. En estas jaulas fue menor el consumo de pienso necesario para obtener un kg de gazapo destetado (Tabla 2). Aún corrigiendo por tamaño de la camada al destete se mantenían las diferencias entre tipos de jaulas.

Tabla 2. Medias mínimo cuadráticas por Granja y Tipo de Jaula.

	Jaula		Granja		P > f		
	Experimental	Estándar	1	2	P _J	P _G	P _{JxG}
NTmedio [§] , gazapos	10,7	11,0	-	-	-	n.s.	-
NVmedio, gazapos	9,3	9,5	8,9	9,9	n.s.	n.s.	n.s.
NDmedio, gazapos	8,5	8,5	8,1	9,0	n.s.	n.s.	n.s.
NSmedio, gazapos	7,6	7,8	7,0a	8,4b	n.s.	*	n.s.
PMD, g	1005a	1032b	1124b	913a	*	**	n.s.
PikgD, kg	2,9b	2,5a	2,2a	3,2b	*	**	n.s.
PMS, g	2138	2145	2154	2129	n.s.	n.s.	n.s.
PikgV, kg	1,4	1,4	0,95a	1,9b	n.s.	**	n.s.
IdC, kgPi/kgP	3,1	3,4	3,1	3,3	n.s.	n.s.	n.s.

NT: Nacidos totales (sólo se analizaron registros Granja 2). NV: Nacidos Vivos. ND: número de destetados. NS: gazapos a fecha de venta. PMD: peso medio del gazapo al destete. PikgD: peso de kg de pienso en lactación por kg de gazapos destetados. PMS: peso medio del gazapo al sacrificio. PikgV: peso de kg de pienso en engorde por kg de gazapo vendido. IdC: índice de conversión calculado como pienso consumido en engorde dividido por la diferencia entre peso de los gazapos al final del engorde y peso al destete. P: significación. J: efecto Jaula. G: efecto Granja. Medias en la misma fila y efecto con letras distintas son significativamente diferentes. n.s.: no significativo. *: p< 0,05; **: p<0,01. §: sólo se analizaron datos de 5 ciclos de una de las dos granjas.

No hubo diferencias en tasas de conejas dadas de baja (muertas ni eliminadas) comparando por Tipo de Jaula. Tampoco se apreciaron diferencias al analizar los datos de una sola de las granjas, ni en nidos sucios ni en conejas sucias, o con mamitis o mal de patas. Sí que hubo grandes diferencias entre Tipo de Jaula en limpieza, con mayor frecuencia de jaulas sucias en las de plataforma que en las convencionales (Tabla 3), siendo esta diferencia muy superior en una granja (13% frente a 0,26%) que en la otra (11% frente a 2,6%).

Tabla 3. Estimaciones de valores medios de porcentajes en la escala real por Granja y Tipo de Jaula de los caracteres con distribución binomial.

	Jaula		Granja		P > f		
	Experimental	Estándar	1	2	P _J	P _G	P _{JxG}
Partos/Inseminadas, %	84	83	84	83	n.s.	n.s.	n.s.
Mortinatalidad ^x , %	8,2	7,6	-	-	n.s.	-	-
Mort. Lactación, %	11b	9,1a	8,8	11,2	*	n.s.	*
Camadas perdidas, %	5,6b	2,6a	1,9a	7,8b	*	*	n.s.
Mort. Engorde, %	5,3	6,4	5,3	6,4	n.s.	n.s.	n.s.
Muertas/Inseminadas, %	4,4	4,0	3,3	5,4	n.s.	n.s.	n.s.
Eliminadas/Inseminadas, %	1,3	1,55	0,49a	3,9b	n.s.	*	n.s.
Agresivas/Partos, %	2,2b	0,36a	0,88	0,88	*	n.s.	n.s.
Sucias/Partos, %	0,91	1,9	1,4	1,2	n.s.	n.s.	n.s.
Mamitis/Partos ^x , %	18	13	-	-	n.s.	-	-
Mal de patas/Partos ^x , %	1,1	1,8	-	-	n.s.	-	-
Jaulas sucias/Destetes, %	13b	0,88a	5,6	2,1	**	n.s.	*
Nidos sucios/Destetes ^x , %	12	6,4	-	-	n.s.	-	-

Mort.: mortalidad. P: significación. J: efecto Jaula. G: efecto Granja. Medias en la misma fila y efecto con letras distintas son significativamente diferentes. n.s.: no significativo. *: p< 0,05; **: p<0,01. ^x: sólo se analizaron datos de 5 ciclos de una de las dos granjas.

La mortalidad durante el cebo no parecía estar asociada al Tipo de Jaula en el que estuvieron durante la lactación (Tabla 3). Al final del período de cebo no hubo diferencias en peso medio a la venta, ni en kg de pienso consumido para obtener un kg de gazapo vendido ni hubo diferencias en el índice de conversión considerando el incremento de peso desde el destete (Tabla 2). La covariable más importante fue el porcentaje de bajas en engorde, pero su inclusión no modificaba la falta de diferencias.

En relación con las granjas, y solo con objeto de hacer un breve comentario, indicaremos que las reproductoras de la granja 1 presentaban mayor peso adulto que las de la granja 2, y esto, unido a los dos días más de edad de estos gazapos al destete, se reflejó en un mayor peso al destete, acompañado, a su vez, de una menor ingesta de pienso por kg de conejo tanto al destete como al final de engorde (Tabla 2). El mayor porcentaje de camadas perdidas en la granja 2 está ligado a una mayor tasa de sacrificio de reproductoras, ambos consecuentes a un brote de mixomatosis ocurrido durante la prueba.

DISCUSIÓN

Dos son las ventajas atribuidas al uso de jaulas con plataforma: primero, que permiten aumentar la expresión de comportamientos específicos y, en segundo lugar, que incrementa la superficie disponible para los animales sin necesidad de modificar la estructura clásica de las granjas. En el estudio actual no hemos evaluado comportamientos de manera reglada, pero los cunicultores constataron que la plataforma se utilizaba tanto por las reproductoras como por los gazapos en cuanto estos podían acceder a la misma. Asimismo, y como consecuencia de la mayor altura de la jaula (62 cm vs. 34 y 38 cm), observaron que las conejas erguían tronco y cabeza de modo que podían visualizar, sin apenas barreras, lo que ocurría en su entorno; una posición imposible de adoptar en las jaulas convencionales. Estas observaciones confirmarían que la presencia de plataforma ofrece mayor movilidad y enriquece el repertorio comportamental de las reproductoras, tal como indican Alfonso *et al.* (2014a). Además, subjetivamente, estas jaulas daban apariencia de mayor holgura o de menor densidad de gazapos que las jaulas estándar de ambas granjas.

En relación con la disponibilidad de espacio, las presentes jaulas de plataforma aportan casi un 30% más de superficie que las estándar. Ni el aumento de superficie ni el enriquecimiento en el repertorio comportamental repercutieron en resultados productivos tan importantes como fertilidad o tamaño de la camada, para los que el efecto de la jaula fue prácticamente nulo, al igual que en los resultados hallados por otros autores (Mirabito *et al.*, 2005). Por el contrario, la jaula de plataforma penalizó el crecimiento durante la lactación, resultado inesperado, pues en algunos trabajos se ha encontrado un efecto positivo sobre el peso de la camada a las tres semanas de edad, así como al destete (Barge *et al.*, 2008), efecto que se mantenía hasta el final del periodo de cebo y estaba ligado a mayor consumo y a una tendencia a menor índice de conversión según resultados de Alfonso *et al.* (2014b, 2014c). El menor crecimiento de los gazapos experimentales, unido a una mayor ingesta, es, sin embargo, un resultado bastante frecuente en el cebo de grupos grandes de conejos en parque respecto al cebo en jaulas convencionales de 7-8 gazapos, o en engordes en jaulas de 7-8 gazapos respecto al cebo en jaulas uni o bicelulares, y en ambos casos es la consecuencia de un incremento en el comportamiento locomotor debido a la mayor disponibilidad de espacio (Combes *et al.*, 2005; Princz *et al.*, 2008; Gerencsér *et al.*, 2012), razón que podría ser aplicable a nuestros resultados en lactación.

La suciedad en el suelo de la jaula, así como la suciedad encima de la plataforma (que afectó entre el 5 y 16% de plataformas durante los 5 primeros ciclos, llegando al 21-29% en el último ciclo), no determinó en nuestro estudio mayor incidencia de pododermatitis, al contrario que en estudios previos (Olivas *et al.*, 2010; Lagardera *et al.*, 2014; Cervera *et al.*, 2018), incluso hubo carencia total de casuística en la granja 1 durante la totalidad del periodo experimental. Por el contrario, los casos de agresividad, aun siendo escasos en general, fueron más importantes en esta jaula, confirmando resultados de otros autores (Lagardera *et al.*, 2014).

En relación con la mortalidad durante la lactación es importante indicar que las diferencias solo se encontraron en una de las granjas colaboradoras, en la otra la mortalidad fue similar entre jaulas durante todo el periodo experimental. Además, en el 4º ciclo se cambiaron las cubetas del nidal en las dos granjas porque el modelo utilizado hasta entonces ocasionaba aproximadamente doble mortalidad que en las jaulas estándar en la granja 2. La nueva cubeta redujo la mortalidad, aunque siguió mucho más elevada en las jaulas con plataforma. En los trabajos publicados es infrecuente que la jaula de plataforma influya sobre la mortalidad, pero Barge *et al.* (2008) encontraron un efecto sobre una de las líneas genéticas que estudiaban, indicando que podría haber líneas más apropiadas para la plataforma en relación con el número de gazapos muertos al nacimiento y durante la lactación. Si consideramos que la mortalidad es el primer indicador de bienestar en conejos (Hoy y Verga, 2006), la jaula con plataforma no parece recomendable en las condiciones del estudio. Estos resultados sugieren que nuevas mejoras de diseño de los nidales podrían repercutir en una mayor viabilidad de los gazapos, sin olvidar la conveniencia de evaluar la variación de la respuesta de diferentes líneas genéticas a distintos modelos de jaulas. Asimismo, resolver el problema de acúmulo de suciedad –denominador común en todos los trabajos de jaulas con plataforma– mediante el uso de material de muy fácil limpieza, además de favorecedor del bienestar y salud de los animales, sería imprescindible para que, junto con la mejora anterior, los resultados se aproximasen a los de estos caracteres en las jaulas estándar de la presente prueba.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a D. Ángel Miana, de Explotaciones Exarca S.L. (San Mateo de Gállego) y a D. Javier Chueca, de Granja J. Echegoyen (Murchante), su total disponibilidad y su colaboración en el desarrollo de este trabajo, y a Intercun e INIA por la financiación del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfonso-Carrillo C., Martín E., De Blas C., Ibáñez M.A., García-Rebollar P., García-Ruiz A.I. 2014a. *Effect of cage type on the behaviour pattern of rabbit does at different physiological stages*. *World Rabbit Science*, 22: 59-69.
- Alfonso C., De Blas C., García-Rebollar P., García-Ruiz A.I. 2014b. *Efecto de la edad al destete y el tipo de jaula sobre parámetros reproductivos y de crecimiento en conejas y gazapos*. *Actas XXXIX Symposium de Cunicultura, ASESCU, Tudela, 29-30 Marzo*, pp. 50-53.

- Alfonso-Carrillo C., García-Rebollar P., De Blas C., Ibáñez M.A., García-Ruiz A.I. 2014c. Effect of late weaning and use of alternative cages on performance of does suckling and fattening rabbits under extensive reproductive management. *Livestock Science*, 167: 425-434.
- Barge P., Masoero G., Chicco R. 2008. Raising rabbit does in platform cages. *Proc. 9th World Rabbit Congress, Verona, Italia, 10-13 Junio 2008*, pp. 1153-1157.
- Cervera C., Gómez E.A., Pérez-Fuentes S., Villagrà A. 2018b. Bienestar y salud en conejas reproductoras. *Actas 43 Symposium de Cunicultura. Calamocha, España*, pp. 33-42.
- Combes S., Moussa M., Gondret F., Doutreloux J.P., Remignon H. 2005. Influence de l'exercice physique sur les performances de croissance, la qualité des carcasses et les caractéristiques mécaniques de l'attachement de la viande à l'os après cuisson chez le lapin. *Proc. 11èmes Journées de la Recherche Cunicole, Paris, 29-30 Novembre 2005*, pp. 155-158.
- Gerencsér Zs., Odermatt M., Atkari T., Szendrő Zs., Radnai I., Nagy I., Matics Zs. 2012. Effect of different housing condition on production and carcass traits of growing rabbit. *24th Hungarian Conference on Rabbit Production, Kaposvár, Hungary, 30 Mayo 2012. Abstract en World Rabbit Science 2014*, 22(3):252.
- Hoy S., Verga M. 2006. Welfare indicators. En: *Recent Advances in Rabbit Sciences*. Ed. L. Maertens y P. Coudert, ILVO, Melle – Belgium, pp. 71-74.
- Lagardera G., Solaz S., Martínez-Paredes E., Cervera C. 2014. Comparación de algunos aspectos del manejo y de la sanidad de conejas lactantes según el diseño de la jaula de maternidad. *Actas XXXIX Symposium de Cunicultura, ASESCU, Tudela, 29-30 Marzo*, pp. 42-45.
- Mirabito L., Galliot P., Souchet C. 2005. Effet de la surface disponible et de l'aménagement des cages sur les performances zootechniques et le comportement des lapines. *Proc. 11èmes Journées de la Recherche cunicole, Paris, 29-30 novembre 2005*, pp. 61-64.
- Olivas I., Gómez E., Láinez M., Villagrà A. 2010. Jaulas con plataforma ¿mejorando el bienestar animal? Un estudio piloto. *Boletín de Cunicultura*, 162: 27-40.
- Princz Z., Dalle Zotte A., Radnai I., Biró-Németh E., Matics Z., Gerencsér Z., Nagy I., Szendrő Z. 2008. Behaviour of growing rabbits under various housing conditions. *Applied Animal Behaviour Science*, 111: 342-356.
- SAS Institute Inc. 2008. *SAS/STAT® 9.2 User's Guide*. Cary, NC, USA.
- Szendro Z.S., Trocino A., Hoy S.T., Xiccato G., Villagrà A., Maertens L. 2019. A review of recent Research outcomes on the housing of farmed domestic rabbits: reproducing does. *World Rabbit Science*, 27: 1-14.
- Verga M., Luzi F., Carezzzi C. 2007. Effects of husbandry and management systems on physiology and behaviour of farmed and laboratory rabbits. *Hormones and Behavior*, 52: 122-129.

Indicadores metabólicos y de estrés tras el ajuste de consumo en conejas primíparas gestantes

Metabolic and stress indicators after feed intake adjustment in primiparous pregnant rabbit does

Fernández-Pacheco C.^{1*}, Millán P.¹, Rodríguez M.², García-García R.M.¹, Sánchez-Rodríguez A.¹, Arias-Álvarez M.², Lorenzo P.L.¹, Rebollar P.G.³

¹ Dept. Fisiología Animal, Facultad de Veterinaria Universidad Complutense de Madrid, Avda. Puerta de Hierro s/n, 28040, Madrid, España

² Dept. Producción Animal, Facultad de Veterinaria Universidad Complutense de Madrid, Avda. Puerta de Hierro s/n, 28040, Madrid, España

³ Dept. Producción Agraria, ETSI Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas, Universidad Politécnica de Madrid, Av. Puerta de Hierro 2, 28040 Madrid, España

*Dirección de contacto: cafpmartorell@ucm.es

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo fue determinar si aplicando un ajuste en el consumo de alimento durante la gestación en conejas primíparas, se ven afectados indicadores metabólicos y de estrés. Para ello, se utilizaron conejas primíparas, inseminadas después del destete que se dividieron en 4 grupos: Control (consumo *ad libitum* toda la gestación, n=30), y restringidas al 60% de su consumo voluntario (105g/d) la primera semana (R07; n=31), la segunda y la tercera semana (R721; n=31) y las 3 primeras semanas (R021; n=30) de la gestación. En la cuarta y última semana de gestación todas disponían de pienso *ad libitum*. Se tomaron muestras de sangre el día de la inseminación y tras el diagnóstico de gestación, se muestrearon animales gestantes de los 4 grupos en 3 puntos de la gestación: el día 14 (n=20), 21 (n=20) y 28 (n=20). Tras el parto, las hembras se re-inseminaron el día 14 post-parto y se tomaron muestras en otros 3 puntos de la lactación: día 7 (n=13), día 14 (n=13) y día 30 (n=41). En estas muestras se analizaron mediante enzimoanálisis: tri-iodotironina y tiroxina libres, y corticosterona. El ajuste del consumo de alimento durante la gestación aplicado en conejas primíparas afectó levemente a la homeostasis energética de los animales pero su estado de bienestar no se vio comprometido.

Palabras clave: conejas, restricción, estrés, metabolismo.

ABSTRACT

The aim of this study was to determine if a food intake adjustment (105g/day) during gestation applied to primiparous rabbit does would affect their metabolic and stress parameters. The rabbit does were divided into 4 different groups according to the duration of the food intake adjustment: mothers were fed *ad libitum* during all pregnancy (control group, n=30), mothers were fed up to 60% of their voluntary intake during the first week of pregnancy (group R07, n=31), during the second and third weeks of pregnancy (group R721, n=31) or during the first three weeks of pregnancy (group R021, n=30). On the fourth week of pregnancy all groups were fed *ad libitum*. Blood samples were taken on the day of insemination and, after the diagnosis of pregnancy, pregnant animals of the 4 groups were sampled at 3 gestation points: day 14 (n=20), 21 (n=20) and 28 (n=20). After parturition, the females were re-inseminated on the 14th post-partum day and samples were taken at another 3 points of lactation: day 7 (n=13), day 14 (n=13) and day 30 (n=41). Free tri-iodothyronine (T3) and thyroxine (T4), and corticosterone were analysed by enzyme immunoassay. The adjustment of feed intake during pregnancy applied in primiparous rabbits slightly affected the energy homeostasis of the animals but their welfare status was not compromised.

Keywords: rabbit doe, feed adjustment, stress, metabolism.

INTRODUCCIÓN

Las conejas reproductoras suelen estar gestantes y lactantes a la vez a lo largo de su periodo productivo y suelen disponer de pienso *ad libitum*. En el caso de las primíparas, se pueden inseminar tras el destete para que puedan recuperar reservas antes de una segunda inseminación artificial (IA). A pesar de todo, como las primíparas tienen problemas de fertilidad, la disponibilidad de alimento sin límites cuando no están preñadas suele aumentar sus depósitos grasos (Rommers *et al.*, 2004; Manal *et al.*, 2010). Esto conlleva un riesgo grave de engrasamiento, así como más fallos en fertilidad y, finalmente, una reducción de su longevidad, ya que las conejas reproductoras suelen ser eliminadas tras 2-3 inseminaciones negativas. La eliminación de hembras jóvenes por problemas de fertilidad va en detrimento del bienestar animal y supone pérdidas económicas ya que para compensar la eliminación de estos animales se debe aumentar la tasa de reposición. Estos animales eliminados, a su vez, no pueden ser aprovechados para el consumo humano por su edad y su tamaño, por lo que el ganadero no puede obtener un beneficio compensatorio. Por ello, una buena estrategia se podría basar en dirigir los esfuerzos hacia la alimentación de primíparas, buscando una calidad y cantidad óptimas que aseguren la cobertura total de las necesidades metabólicas y fisiológicas de los animales sin sobrepasarlas ni reducir las en exceso, evitando así el engrasamiento que conduce a su eliminación del sistema productivo o a posibles efectos negativos a nivel metabólico. Además, el bienestar animal y la creciente concienciación social en torno a él, demanda que los animales sometidos a este tipo de ajustes en la alimentación se encuentren en adecuadas condiciones de alojamiento e higiene y que los animales tengan unos niveles de estrés mínimos.

En trabajos previos hemos observado que las conejas primíparas sometidas a una restricción de alimento en diferentes periodos de la gestación, experimentan un incremento del consumo tras el periodo en el que se aplica el ajuste de alimento, que podría compensar el posible déficit de nutrientes ocasionado previamente (Rodríguez *et al.*, 2017). También hemos mostrado que con esta estrategia no existe detrimento alguno en sus parámetros de fertilidad y prolificidad, ni en ningún otro parámetro productivo (Rodríguez *et al.*, 2018). En esta ocasión, el objetivo de este estudio ha sido determinar si la aplicación de un ajuste en el consumo de alimento durante la gestación en conejas primíparas, puede afectar a algunos de sus indicadores metabólicos (hormonas tiroideas) y de estrés (corticosterona).

MATERIAL Y MÉTODOS

Se han empleado conejas (*Oryctolagus cuniculus*) híbridas California × NZW (Neozelandés Blanco) que se alimentaron con un pienso comercial de 2400 kcal de ED/kg, 35% FND y 16% PB (NANTA, S.A. Madrid). A lo largo de la primera gestación de estos animales, se hizo un control de la ingestión voluntaria de alimento, que se estableció en una media de 175 g/día por individuo. Se inseminaron artificialmente después del destete (30 dpp) de su primera camada con un pool de semen heterospermico de machos de la propia explotación y empleando un análogo comercial de GnRH (Inducel GnRH 20µg, Lab. Ovejero S.A., León) por vía intramuscular para inducir la ovulación. Durante esta segunda gestación, se aplicó a los animales un ajuste del consumo diario de alimento del 60% de la ración (105 g/día), dividiéndose en 4 grupos experimentales atendiendo a la duración y periodo de gestación en que se aplicó el ajuste de consumo:

- Grupo control (n=30) alimentado *ad libitum* durante toda la gestación.
- Grupo R07 (n=31) con el ajuste de consumo durante la primera semana de gestación.
- Grupo R721 (n=31) con el ajuste de consumo en la segunda y tercera semana de gestación.
- Grupo R021 (n=31) con el ajuste de consumo durante las tres primeras semanas de gestación.

En la cuarta y última semana de gestación, todos los grupos recibieron alimentación *ad libitum*.

El día de la IA (día 0) se tomó una muestra inicial de sangre (de la arteria central de la oreja) de 10 animales elegidos al azar. Posteriormente, se muestrearon al azar 5-9 animales gestantes confirmados por palpación de cada grupo experimental en 3 puntos de la gestación: día 14 (n=20), día 21 (n= 20) y día 28 (n=20); y tras el parto, en otros 3 puntos de la lactación: 7 dpp (n=13), 14 dpp (n= 13) y 30 dpp (n=41). En este último punto de muestreo que correspondió con el destete, se tomaron muestras de hembras que no habían quedado gestantes (n=22) en la tercera IA (realizada el día 14 post-parto), para compararlas con las hembras gestantes (n=19). En todas las muestras se analizaron mediante enzimo-inmunoanálisis los niveles de tri-iodotironina (T3) libre (Demeditec Diagnostics GmbH. Kiel. Alemania), tiroxina (T4) libre (Demeditec Diagnostics GmbH. Kiel. Alemania), Insulina (Mercodia AB. Uppsala, Suecia) y corticosterona (Demeditec Diagnostics GmbH. Kiel Alemania).

Para el análisis estadístico de los resultados se realizó un análisis de varianza (SAS Institute, 2001), considerando como efectos principales el tratamiento (ajuste de consumo), el tiempo (días 14, 21 y 28 de gestación,

días 7, 14 y 30 de lactación), y la interacción entre ambos. Posteriormente, las medias se compararon con una t de Student, considerando la existencia de diferencias significativas para un valor de P menor de 0,05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La interacción de los dos efectos estudiados (el tiempo y el tratamiento) sobre las hormonas tiroideas se muestra en las figuras 1A y 1B. Las hormonas tiroideas son hormonas clave en la regulación del metabolismo y en la adaptación al ayuno: contribuyen a la termogénesis tanto obligatoria como adaptativa, regulando el apetito y el gasto energético. Solo el día en el que se tomó la muestra influyó en las concentraciones plasmáticas de las hormonas T3 (P=0,0308) y T4 (P<0,0001), observándose cierto descenso de la actividad tiroidea en gestación comparado con la que se determinó en lactación.

El ajuste de alimento aplicado no afectó significativamente a la T3 (P=0,117) ni a la T4 (P=0,4950). No obstante, se observó que las conejas de los grupos R721 y R021 tendieron a presentar concentraciones plasmáticas de T3 más bajas que los otros dos grupos los días 14 y 21 de gestación (P=0,798). Esto puede ser debido a que el eje tiroideo de estas conejas se adaptó al ahorro fisiológico de energía, ya que en ese momento el consumo de alimento al que estaban sometidas era más bajo que en los otros dos grupos (Rodríguez et al., 2018), y por eso, la T3 libre disminuiría en las conejas R721 y R021 en la 2ª y la 3ª semana de gestación. La disminución de T3 libre durante los períodos de restricción reduce la tasa metabólica basal, lo que resulta en un ahorro de energía para los animales (Menchetti et al., 2015). En la 4ª semana y durante la lactación, cuando todos los grupos ya disponían de alimento *ad libitum*, las concentraciones de las hormonas tiroideas se equilibraron e incluso, en el caso de la T4, se elevaron significativamente con respecto a las que se obtuvieron durante la gestación.

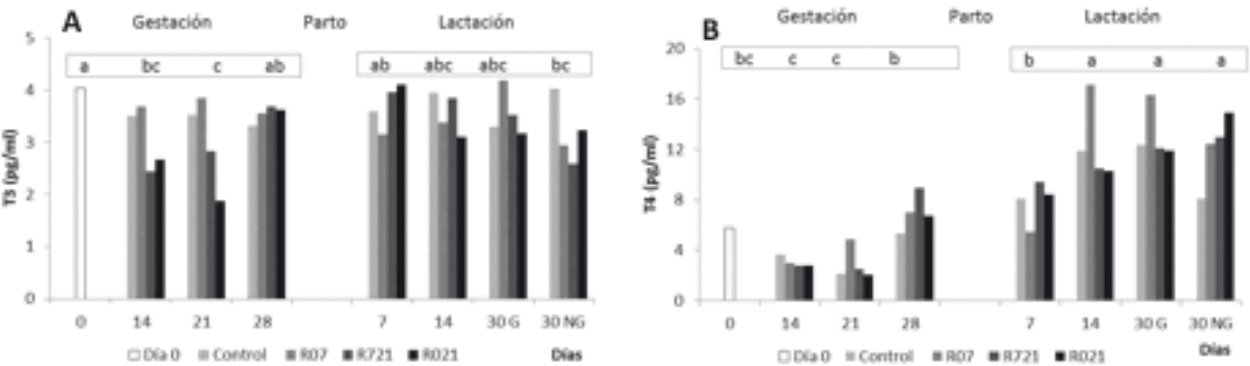


Figura 1. A: Concentraciones plasmáticas de tri-iodotironina (T3) B: Concentraciones plasmáticas de tiroxina (T4), en conejas sometidas a un ajuste de alimentación durante una (R07), dos (R721) o tres semanas (R021) de la gestación. (G: gestantes; NG: No gestantes). a, b, c: diferentes letras representan diferencias significativas (T3: P<0,0308; T4: P<0,001) entre los días en los que se tomaron las muestras.

Las concentraciones de corticosterona como indicadores de estrés tampoco se vieron afectadas por el tratamiento (P=0,3678; Figura 2). Este mismo resultado se obtuvo en un estudio similar, pero en el que los niveles de restricción fueron 90 g/día y determinaron cortisol (Menchetti et al., 2015).

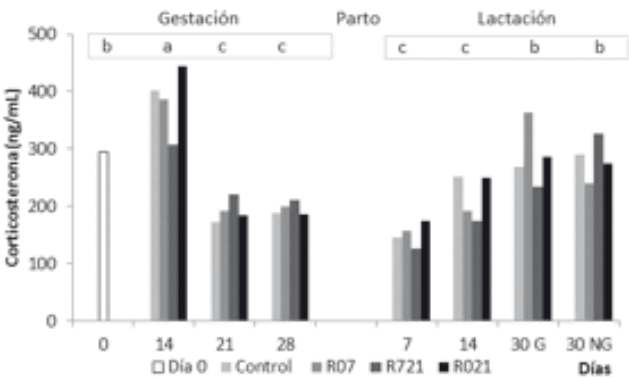


Figura 2. Concentraciones plasmáticas de corticosterona en conejas sometidas a un ajuste de alimentación durante una (R07), dos (R721) o tres semanas (R021) de la gestación. (G: gestantes; NG: No gestantes). a, b, c: diferentes letras representan diferencias significativas (P<0,001) entre los días en los que se tomaron las muestras.

Sin embargo, hemos observado que durante algún periodo del estudio las conejas pudieron presentar cierto nivel de estrés, ya que este indicador aumentó significativamente el día 14 de gestación ($P < 0,0001$), que coincidió con el día en el que se confirmó la gestación mediante palpación abdominal. El aumento de los niveles plasmáticos de esta hormona se pudo corresponder, por tanto, con momentos de mayor estrés para los animales relacionados con el manejo, pero no con el ajuste de consumo.

En conclusión, podemos decir que el ajuste del consumo de alimento durante la gestación aplicado en conejas primíparas, afectó ligeramente a los niveles de T3 y T4 libres durante la gestación que se adaptaron al moderado déficit de alimento aplicado. Además, su estado de bienestar medido mediante las concentraciones plasmáticas de corticosterona no se vio afectado. Por tanto, consideramos que esta estrategia podría ser aplicada para reducir costes de alimentación sin que se vean indicios en el animal de alteraciones metabólicas o de estrés.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto CICYT AGL-2015 65572-C2-1-R.

BIBLIOGRAFÍA

- Manal A.F., Tony M.A., Ezzzo O.H. 2010. *Feed restriction of pregnant nulliparous rabbit does: consequences on reproductive performance and maternal behaviour. Anim. Reprod. Sci.*, 120: 179-186.
- Menchetti L., Brecchia G., Canali C., Cardinali R., Polisca A., Zerani M., Boiti C. 2015. *Food restriction during pregnancy in rabbits: Effects on hormones and metabolites involved in energy homeostasis and metabolic programming. Research in Veterinary Science*, 98: 7-12.
- Rodríguez M., Arias-Álvarez M., Formoso-Rafferty N., Velasco B., Sánchez A., Lorenzo P.L., García-García R.M., Rebollar P.G. 2017. *Consequences of food restriction during pregnancy of rabbit does on fetoplacental growth. World Rabbit Sci.*, 25: 289.
- Rodríguez M., Velasco B., García-García R.M., Arias-Álvarez M., Lorenzo P.L., Rebollar P.G. 2018. *Parámetros productivos y de crecimiento de los gazapos de conejas primíparas tras reducir su consumo de pienso durante la gestación. 43 Symposium de Cunicultura. Calamocha*, pp. 138-143.
- Rommers J.M., Meijerhof R., Noordhuizen J.P.T.M., Kemp B. 2004. *The effect of level of feeding in early gestation on reproductive success in young rabbit does. Anim. Reprod. Sci.*, 81: 151-158.
- SAS Institute. 2001. *SAS/STAT® User's Guide (Release 8.2). SAS Inst. Inc., Cary NC, USA.*

Enriquecimiento con parque del sistema italiano de alojamiento de celda enterrada para la producción de conejos al aire libre

Pen enrichment of the Italian underground cell system for outdoors rabbit keeping

Mariani G.¹, Finzi A.^{1*}, Meini F.¹, González-Redondo P.²

¹Centro Experimental y Didáctico para el Bienestar y la Producción del Conejo, 56019 Nodica (Pisa), Italia

²Dpto. Ciencias Agroforestales, Universidad de Sevilla, 41013 Sevilla, España

*Dirección de contacto: finzi@unitus.it

RESUMEN

Con el fin de reducir los costes de las instalaciones y mejorar las condiciones higiénicas y sanitarias de un sistema de producción cunícola ecológica conforme a las normas técnicas españolas que exigen un espacio de 2 m² por cada coneja, se ha evaluado la eficiencia de un prototipo obtenido implementando con un parque sobreelevado y protegido una unidad productiva del sistema italiano denominado "de celda enterrada". Este sistema permite desde hace muchos años producir carnes de calidad que ofrecen una ganancia unitaria mucho mayor de las de los conejos industriales. Mediante una cámara web se ha controlado durante 53 días el comportamiento circadiano de una coneja ya acondicionada a no ensuciar en el suelo. El análisis de los 1.440 fotogramas diarios (uno cada minuto) permitió averiguar como la coneja disfrutaba, en el tiempo, las tres diferentes partes de la unidad (celda, jaula y parque) y el desplazamiento de la una a la otra. Toda la instalación enriquecida con el parque fue utilizada por la coneja y quedó perfectamente limpia sin necesitar trabajo del operador. En consideración del resultado muy positivo el modelo ha sido protegido mediante patente.

Palabras clave: conejo, alojamiento, enriquecimiento, bienestar, producción ecológica.

ABSTRACT

To reduce structural building cost and to improve hygienic conditions to produce rabbit organic meat according to the Spanish official rules, a 2 square meters pen has been added at the same level of an Italian underground shelter system, that allows to produce a very well marketed rabbit high quality meat. The circadian behavior of a doe, yet conditioned not to soil the floor, was observed by a web camera for 53 days. One shot each minute gave 1.440 daily images that were analyzed to check the behavior of the doe in the three different parts of the unit (underground shelter, cage and park) and the frequency of the passage from one environment to the other. All the parts of the enriched system were utilized by the doe, and all the system remained perfectly clean not needing any extra work. Considering the very positive result, the tested model has been patented.

Keywords: rabbit, housing, enrichment, welfare, organic farming.

INTRODUCCIÓN

Desde los años noventa es operativa en Italia y se ha difundido espontáneamente (mayormente en Toscana y Lazio) una instalación de cría del conejo denominada de "celda enterrada" (Figura 1). El sistema, al aire libre, tiene una parte enterrada que comunica con una jaula exterior y los conejos pueden desplazarse libremente de un ambiente al otro gozando de un microclima natural que baja, en la celda, hasta de 9°C la temperatura externa cuando hace calor (bienestar del conejo) (González-Redondo y Finzi, 2016) y la sube 9°C cuando hace frío (bienestar de los gazapos recién nacidos) (*datos no publicados*). El sistema miniaturiza las condiciones naturales y están eliminados los gastos de acondicionamiento térmico (Finzi, 1994; Finzi y Mariani, 2011).

El sistema, con su conexión entre la celda y la jaula, permite al conejo disfrutar de tres ambientes diferentes (celda, jaula y tubo de conexión). Por ejemplo el conejo se protege del calor quedándose en la celda, pero cuando llueve se queda muy a menudo en la jaula y esto indica que poder gozar de la lluvia es un factor de bienestar para los conejos. Al aire libre ha desaparecido la pasteurelosis y los pisos extraíbles para limpiarlos han cortado con la coccidiosis en forma tal que en el Consorcio de los productores de Viterbo se ha prohibido el empleo de cualquier fármaco y no sólo de los antibióticos (Tuscia Viterbese, 2016).

El sistema se ha difundido con unidades de hasta 60 conejas y el mejor cunicultor ha superado el promedio de 40 vendidos/coneja/año, mientras los conejos se venden por calidad a no menos de 4 €/kg de peso vivo.

Puesto que las normas técnicas españolas para la producción ecológica exigen un espacio de 2 m² por cada coneja (Grupo de Normativa, Seguimiento y Control del CRAE, 2000) y considerando que parece posible, sin muchos costes añadidos, instalar un parque por cada hembra entre cada dos celdas contiguas, se hizo un ensayo para averiguar la eficiencia práctica de esta posibilidad. Por eso, la finalidad del ensayo fue estudiar la funcionalidad del sistema de celda enterrada enriquecido con un parque a través de la utilización de sus diferentes partes por las conejas.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en los meses de marzo y abril de 2018 en una sección destacada del Centro Experimental y Didáctico para el Bienestar y la Producción del Conejo situada en Vasanello (Viterbo). Se tomó como base el modelo de celda enterrada ilustrado en la Figura 1. Cada unidad está basada sobre una parte en forma de cubo (50×50×50 cm) denominada "celda" (a la derecha en la figura), encastrada entre dos muretes y enterrada hasta el borde. Cada celda está conectada con una jaula exterior (a la izquierda en la figura) a través de un tubo también enterrado. Las celdas, donde se pone el nidal, son explorables levantando una tapa bien aislada (Figura 1). El piso de la jaula es de listones de plástico y el manejo está basado en la introducción de cada nueva coneja en la jaula durante dos días (impidiéndole el paso a la celda) para que escoja el lugar donde deponer sus heces. Después se abre al pasaje a la celda pero la coneja ya está condicionada y sigue saliendo para deponer sus heces en el lugar escogido en la jaula. De esta forma todo el sistema queda limpio y sin generar trabajo adicional para el productor.



Figura 1. Sistema de celda enterrada.

En la unidad experimental se añadió un espacio de 2 m² para formar un parque sobreelevado y, considerando que se sitúa en el exterior, se protegió con una malla de alambre de 60 cm de alto. Conforme a los requisitos de piso firme de las normas técnicas de producción ecológica, el piso se formó con un estrato de puzolana de dimensiones medianas (diámetro: 0,5-2,0 cm). Con otro tubo se hizo un pasaje para conectar la jaula con su parque. Se conformó entonces un sistema muy rico de posibilidades con una parte bajo el suelo, una jaula, un parque y dos tubos de conexión (Figura 4).

El parque se conectó con una unidad de celda enterrada donde ya había una coneja plurípara de un año de edad. Desde este momento se empezó a registrar el comportamiento de la coneja con una cámara web temporizada a un fotograma cada minuto (1.440 diarios) y los 76.320 fotogramas totales fueron utilizados para averiguar, cada vez, las ubicaciones preferidas por la coneja y la actividad de trasladarse desde una ubicación a la otra. El tiempo de observación fue de 53 días y se cerró el pasaje al parque cuatro días antes del parto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presencia de la coneja en las diversas partes de la instalación se indica en la Figura 2. Como se ve, aunque con amplias variaciones, en los primeros 30 días la coneja aprovechó el parque durante un 50-70% del tiempo, durante un 30% ocupó la jaula y permaneció muy poco en la celda como es normal en la estación primaveral cuando el animal no tiene necesidad de defenderse del estrés térmico de las horas calientes del verano. Alrededor de los 30 días, el comportamiento cambió: la permanencia en el parque disminuyó gradual pero sensiblemente, se recuperó después hasta el 50% y bajó otra vez después. Mientras tanto aumentó la presencia en la jaula. En los últimos días del ensayo subió de improviso la presencia en la celda hasta el 60% del tiempo y esto se considera normal puesto que ya se estaba acercando el tiempo del parto, cuando las conejas empiezan a preparar el nido (Finzi *et al.*, 2001).

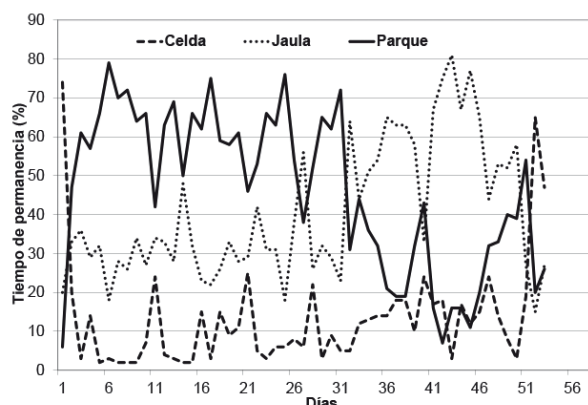


Figura 2. Tiempo de permanencia de la coneja en las diferentes partes del sistema.

En la Figura 3 se evidencia la frecuencia de los desplazamientos de la coneja desde una a otra de las tres secciones del sistema. Como para la presencia en las diferentes partes, hasta los 25 días la coneja se desplazaba alrededor de 60 veces al día. Pero después los desplazamientos se hicieron muy irregulares y se llegó a valores mínimos entre los 42 y los 49 días cuando también se había minimizado a menos del 20% la presencia en el parque.

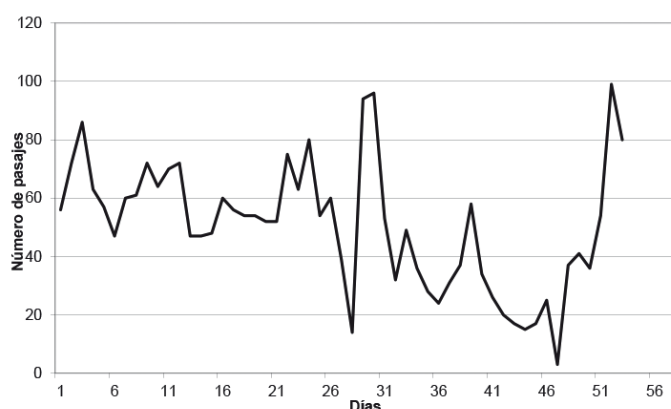


Figura 3. Número de pasajes entre jaula y parque.

El resultado fue muy diferente del conseguido años antes cuando una unidad de celda enterrada fue puesta en comunicación con un cercado en el suelo. Las conejas se quedaron en la jaula entre el 71 y el 92% del tiempo y fueron al prado menos del 10% de su tiempo, mayormente para deponer sus heces en montoncitos, según su costumbre (Finzi *et al.*, 2001; 2009). La preferencia por la jaula fue explicada por el hecho de que las conejas la aceptaron como su madriguera pues se sentían protegidas, mientras en los espacios abiertos es donde los conejos están expuestos a los predadores y salen por la necesidad de alimentarse pero, suponemos, en constante condición de estrés. Este resultado anterior explica por qué en el presente ensayo la coneja aprovechó bien el parque pues estaba protegido también por arriba, a diferencia del ensayo anterior.

Se ha demostrado que los conejos alojados individualmente en jaulas diferentes mantienen, sin embargo, relaciones intraespecíficas visuales y olfativas (Finzi *et al.*, 2009; 2012; Negretti *et al.*, 2008; 2010a). Gracias al registro continuo se pudo evidenciar en este ensayo como la protección superior de la malla de alambre en el parque permite también relaciones interespecíficas, en este caso con un gato (Figura 4). Los gatos forman parte normal del conjunto de cría al aire libre pues alejan los ratones y atrapan los ratoncitos, pero, como se ve en la Figura 4, los conejos pueden tener relaciones visuales y olfativas amistosas con los gatos y esto parece un efecto positivo del incremento del bienestar debido a la innovación del parque sobreelevado y protegido. La relación olfativa se manifiesta con la aproximación del hocico, pero esto se suele presentar tan sólo en los primeros días porque, después de conocido el olor, este se puede percibir en cualquier posición y el conejo no necesita orientar la cabeza como en las relaciones visuales.



Figura 4. Relación interespecífica en el parque.

A lo largo de todo el ensayo el parque se mantuvo perfectamente limpio pues la coneja continuó deponiendo sus heces en el lugar escogido en la jaula. El sistema no impide que también la jaula tenga piso firme y que todo el piso sea cubierto con paja como es requerido por las reglas de la producción ecológica española, pero aumenta el trabajo de limpieza y también el riesgo de coccidiosis (Luzi *et al.*, 2007).

Chequeando los 25.920 fotogramas de los primeros 18 días, la posición erecta fue registrada tan sólo en el 0,00227% de los casos, y mayormente ayudándose con las patas delanteras apoyadas en la red. El examen de los fotogramas confirma que el conejo se levanta hasta los 60 cm muy raramente y siempre con las orejas bajas (y no erectas como es supuesto por los animalistas) y casi sólo durante una actividad exploratoria, ocasionalmente como en la Figura 4, o en los primeros días desde la introducción en un nuevo ambiente como ya se averiguó en un ensayo específico con una jaula abierta por arriba (Negretti *et al.*, 2010b).

El ensayo confirma que una altura de la jaula de unos 40 cm es necesaria y suficiente para las actividades normales, siendo alturas mayores posibles pero no tales de aparecer como indispensables para el bienestar del conejo que además, en sus condiciones naturales, pasa mucha parte de su vida en su madriguera de pocos centímetros de alto.

Los sistemas con enriquecimiento ambiental permiten a los animales expresar un amplio elenco de comportamientos (Maertens y Van Oeckel, 2001; Jordan *et al.*, 2006), pero en los fotogramas las patas tocan normalmente el suelo y acciones de correr o saltar parecen excepcionales en los conejos adultos aunque el parque los permita.

Acabado el ensayo la coneja parió regularmente en la celda. El estudio del comportamiento de la coneja en el período antes y después del parto se ha dejado para otra investigación, una vez que se conozca la perfecta funcionalidad de todas las partes del sistema y se adopten las eventuales modificaciones necesarias.

El ensayo demuestra que la coneja aprovecha bien el parque protegido que puede ser considerado como un posible factor de bienestar. Por otra parte, una fuerte disminución de la presencia en el parque se verifica al acercarse el parto cuando la coneja empieza a preparar el nido y se queda más tiempo en la celda.

En conclusión el sistema original de celda enterrada, integrado y enriquecido por el parque, pareció responder bien a los requisitos para la producción ecológica y se encuentra en proceso de patentado como modelo de utilidad (número de expediente U 201831497).

BIBLIOGRAFÍA

- Finzi A. 1994. *Evolution of an unconventional rabbit breeding system for hot-climate developing countries*. En: *First International Conference of rabbit production in hot climates*. El Cairo (Egipto). *Cahiers Options Méditerranéennes*, 8: 17-26.
- Finzi A., Ciorba P., Macchioni P. 2001. *Evaluación comparada del bienestar del conejo en sistemas no convencionales de cría*. En: *XXVI Symposium de Cunicultura de ASESCU*. Aveiro (Portugal), pp. 164-167
- Finzi A., Mariani G. 2011. *L'allevamento ecologico del coniglio Edagricole*, Milano (Italia).
- Finzi A., Negretti P., Bianconi G., González-Redondo P. 2012. *Influencia del sexo en las relaciones olfatorias del conejo*. En: *XXXVII Symposium de Cunicultura de ASESCU*. Barbastró (España), pp. 135-140.
- Finzi A., Negretti P., Macchioni P., González-Redondo, P. 2009. *La cría en jaulas y las necesidades etológicas del conejo*. En: *XXXIV Symposium de Cunicultura de ASESCU*. Sevilla (España), pp. 141-147.
- González-Redondo P., Finzi A. 2016. *Efficiency of the rabbit underground cell keeping system in reducing heat summer stress*. En: *11th World Rabbit Congress*. Qingdao (China), pp. 679-682.
- Grupo de Normativa, Seguimiento y Control del Consejo Regulador de la Agricultura Ecológica (CRAE). 2000. *Propuestas de normas técnicas que complementan el Reglamento (CE) nº 1804/1999 del Consejo de 19 de julio de 1999, sobre producciones animales*. http://organicrules.org/482/1/Normas_Cunicultura_eco%2C_CRAE_99.doc
- Jordan D., Luzi F., Verga M., Stubeč I. 2006. *Environmental enrichment in growing rabbits*. En: Maertens L. y Coudert P. (Eds.). *Recent advances in rabbit sciences*. COST e ILVO. Melle (Bélgica), pp. 113-119.
- Luzi F., Barbieri S., Martino P.A. 2007. *Effetto della stabulazione e del management sul benessere nella specie cunicola*. En: *Giornate di Coniglicoltura ASIC*, Forlì, 2007, pp.35-40.
- Maertens L., Van Oeckel M. 2001. *Effet du logement en cage ou en parc et de son enrichissement sur les performances et la couleur de la viande des lapins*. En: *9èmes Journées de la Recherche Cunicole*. París (Francia), pp.31-34.
- Negretti P., Bianconi G., Finzi, A. 2008. *Mutual visual relationships of rabbits raised in individual cages*. En: *9th World Rabbit Congress*. Verona (Italia), pp. 1213-1216.
- Negretti P., Bianconi G., Finzi A. 2010a. *Mutual olfactory relationships in rabbits raised in individual cages*. *World Rabbit Sci.*, 18: 33-36.
- Negretti P., Bianconi G., Finzi A. 2010b. *Postura y comportamiento del conejo para determinar la altura de la jaula en relación con el bienestar animal*. En: *XXXV Symposium de Cunicultura de ASESCU*. Segovia (España), pp. 54-58.
- Tuscia Viterbese. 2016. *Coniglio Verde Leprino di Viterbo. Modalità di ottenimento della licenza d'uso del marchio collettivo "Tuscia Viterbese"*. Camera di Commercio, Industria, Artigianato e Agricoltura di Viterbo. <http://www.tusciawelcome.it/gesFiles/Filez/4cc4cf3e54812a6dfa026e1b2fdac494.pdf>

NUTRICIÓN

Optimización proteica usando el conejo como modelo: hacia una producción más sostenible en la contaminación por nitrógeno

Marín-García P.J., López M.C., Ródenas L., Martínez-Paredes E., Blas E., Pascual J.J.

Determinación de las necesidades en aminoácidos digestibles a nivel ileal aparente de los conejos de engorde

Marín-García P.J., López M.C., Ródenas L., Martínez-Paredes E., Blas E., Pascual J.J.

Efecto de la inclusión de un galactomanano en piensos con diferente fibra soluble sobre la digestibilidad y la actividad cecal en conejos de engorde

Zemzmi J., Ródenas L., Blas E., Martínez-Paredes E., López-Lujan M.C., Moya J., Najjar T., Pascual J.J.

Efecto de la suplementación con xilo-oligosacáridos en el agua de bebida y del nivel de fibra soluble del pienso sobre los parámetros productivos y digestivos en conejos en crecimiento

Farias C., Gratta F., Ocasio-Vega C., Feijoo D., Tejeiro C., Nicodemus N., Carabaño R., García J.

Efecto de la suplementación con xilooligosacáridos en el agua de bebida y de la restricción alimenticia sobre la digestibilidad y los rendimientos productivos en gazapos en cebo

Farias C., Simbaña F., Reyes D., Gallego M., Nicodemus N., Carabaño R., García J.

Efecto del tipo de almidón y del nivel de fibra soluble sobre los rendimientos productivos de gazapos en crecimiento

Simbaña F., Farias C., Reyes D., Carabaño R., García-Rebollar P., Nicodemus N., García J.

Optimización proteica usando el conejo como modelo: hacia una producción más sostenible en la contaminación por nitrógeno

Dietary protein optimization using a rabbit model: towards a more sustainable production in nitrogen contamination

Marín-García P.J.^{*}, López M.C., Ródenas L., Martínez-Paredes E., Blas E., Pascual J.J.
 Instituto de Ciencia y Tecnología Animal, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera, 46022 Valencia, España.
^{*}Dirección de contacto: pabmarg2@doctor.upv.es

RESUMEN

La ganadería es una de las principales fuentes de contaminación de Nitrógeno (N) a nivel mundial. Formular los alimentos acorde con las necesidades reales de los animales a nivel ileal, reduciría en gran parte la excreción de este contaminante. El nivel de N ureico plasmático (PUN) podría ser un buen indicador de la optimización proteica de la dieta. El objetivo de este trabajo será proponer un modelo (utilizando conejos de engorde) para optimizar la nutrición proteica de manera escalonada. El primero de los experimentos (Exp1), realizado a 918 animales, evaluó cuál de las 27 combinaciones, 3 niveles de inclusión [M, medio (actuales); A, alto (+15%); B, bajo (-15%)], de los 3 primeros aminoácidos (AA) típicamente limitantes en conejos (lisina=Lys; AA azufrados=sAA; y treonina=Thr), a nivel total minimizaba los valores de PUN. En el segundo experimento (Exp 2), realizado a 116 animales, se compararán los parámetros productivos obtenidos de la mejor combinación del Exp1 con respecto a las recomendaciones actuales, y se realizará una prueba para determinar su digestibilidad aparente ileal. De los 27 piensos seleccionados para Exp1, se encontró que la combinación de AA que minimizaba los valores de PUN fue el pienso MAB (medio para la Lys, alto para sAA y bajo para Thr, respectivamente). Además, en el Exp2 se comprobó que con esta combinación se mejoraba tanto la velocidad de crecimiento, como el índice de conversión ($P < 0.05$). Por ello, se recomienda formular los piensos para conejos de engorde con niveles de 5.2, 4.7 y 3.0 g/kg MS de Lys, sAA y Thr digestible a nivel ileal aparente, respectivamente. Este modelo puede ser repetido utilizado para optimizar las dietas de todas las otras especies productivas zootécnicas y reducir así el problema de la contaminación por N.

Palabras clave: Aminoácido, nitrógeno, conejo, contaminación, modelo, sostenible.

ABSTRACT

Livestock is one of the main sources of N pollution worldwide. Formulating feed according to the requirements of animals at the ileal real level would greatly reduce the excretion of this contaminant. Plasma urea N level (PUN) could be a good indicator of the protein optimization in the diet. The objective of this work will be to propose a model (using growing rabbits) to optimize protein nutrition stepwise. In the first experiment (Exp1), using 918 animals, was evaluated which of the 27 combinations –3 levels of inclusion [M, medium (current); H, high (+ 15%); L, low (-15%)] for the first 3 limiting amino acids (AA) in rabbits (lysine, sulphur AA and threonine), at faecal apparent level– minimized the PUN. In the second experiment (Exp 2), using 116 animals, the productive parameters obtained from the best combination of Exp1 were compared with the current recommendations, and apparent ileal digestibility of feeds was determined. From the results of Exp1, it was observed that the combination of AA that minimized the PUN values was MHL (for lysine, sulfur and threonine, respectively). In addition, in the Exp2 it was found that, with the MHL feed, both the growth rate and the feed conversion ratio were improved ($P < 0.05$). Therefore, in growing rabbits it is recommended 5.2, 4.7 and 3.0 g/kg of lysine, sulfur and threonine digestible at the ileal level, respectively. This model can be used to optimize the diets of other zootechnical species and reduce N contamination.

Keywords: amino acid, nitrogen, rabbit, model, sustainable.

INTRODUCCIÓN

La ganadería es una de las principales fuentes de contaminación por N a nivel mundial (FAOSTAT, 2016). Un correcto ajuste de los aminoácidos (AA) maximiza la retención proteica y reduce su excreción, de ahí la importancia de la revisión de las necesidades nutricionales de los principales AA limitantes [para conejos, lisina (Lys), AA azufrados (sAA) y treonina (Thr)]. La reducción de los valores de N ureico plasmático (PUN), el cual corresponde con la urea circulante por el torrente sanguíneo, puede ser un buen indicador del grado de aprovechamiento proteico, habiéndose establecido como una metodología apropiada para esta especie por Marín-García (2017). Este mayor aprovechamiento proteico debería de ir acompañado de una mejora en los parámetros productivos de los animales, aunque es necesario comprobar que éstos no se vean afectados.

Las necesidades de AA en conejos se suelen proporcionar en valores totales, o digestible a nivel fecal, aunque lo recomendable es disponerlas digestible a nivel ileal. Optimizar y formular los piensos acorde a las exigencias digestibles a nivel ileal, permitiría reducir la excreción de N al ajustarse mejor a las exigencias por parte del animal (Marín-García *et al.*, 2018).

Por todo ello, el objetivo del presente trabajo será el de proponer un modelo basado en el PUN para optimizar la nutrición proteica, utilizando al conejo como modelo, y así ir hacia una producción más sostenible.

MATERIAL Y MÉTODOS

Experimento 1 (Exp1): Encontrar la mejor combinación de AA totales que minimicen el PUN.

Se formularon y fabricaron 27 dietas experimentales a partir de una misma dieta basal que cumplía con las actuales recomendaciones para todos los nutrientes, excepto de Lys, sAA y Thr donde se establecieron tres niveles diferentes [M, acorde con las actuales recomendaciones totales (de Blas y González-Mateos, 2010), A, +15%; B, -15% de las mismas]], lo que dio lugar a un diseño factorial 3x3x3. Un total de 918 conejos de engorde fueron alimentados con un pienso comercial hasta el día 46 de vida, cuando de manera aleatoria, fueron asignados a uno de los 27 piensos. El día 49 de vida, siguiendo el método descrito por Marín-García (2017), se determinó el PUN. Los datos se analizaron utilizando un procedimiento GLM de SAS (SAS, 2009) en un modelo incluyendo como efectos los niveles de AA, sus interacciones y el lote.

Experimento 2 (Exp2): Efecto de una combinación que minimiza el PUN sobre los parámetros productivos y la digestibilidad ileal.

Se realizó una prueba de cebo (de 28 a 63 días de vida) a 116 animales, asignándose aleatoriamente a uno de los dos piensos experimentales (actuales recomendaciones y aquel que minimizó los niveles de PUN en el Exp1). Se controló la ingestión, la velocidad de crecimiento, se calculó el índice de conversión. Finalmente, tras marcar los piensos con yterbio, se obtuvieron muestras del contenido ileal el día 63 de vida. Se determinó el contenido en AA en pienso y contenido ileal (Bosch *et al.*, 2006). Los datos de digestibilidad y parámetros productivos fueron analizados utilizando un procedimiento GLM (SAS, 2009) en un modelo con el pienso y el lote como efectos fijos, y el peso inicial como covariable.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Exp1. De los 27 piensos, la combinación que minimizó los niveles de PUN fue aquella que presentaba niveles totales de Lys iguales a las recomendaciones actuales, un 15% más de sAA y un 15% menos de Thr (MAB), siendo su nivel de PUN significativamente menor al del pienso con las recomendaciones actuales (MMM). La reducción en Thr podría explicarse por su mayor contribución por la cecotrofia (Nicodemus *et al.*, 1999), mientras que la necesidad de aumentar los sAA a la presencia de los mismos como los primeros AAs limitantes. Esta menor concentración de PUN podría llevar a una menor contaminación por N.

Exp2. Los animales con la dieta MAB tuvieron mejor ganancia media diaria e índice de conversión con respecto a la dieta MMM ($P < 0.05$), lo que podría indicar mejor aprovechamiento proteico. Las dos dietas experimentales obtuvieron una similar digestibilidad ileal aparente para todos los AA, aunque se observó una tendencia a mostrar mayor digestibilidad cuando los niveles de AA eran altos, que puede ser debido a la mayor digestibilidad de los AA sintéticos (Taboada *et al.*, 1996). Aplicando los coeficientes de digestibilidad ileal aparente se obtuvieron las cantidades de AA digestibles aparentes a nivel ileal para cada dieta (Tabla 1).

Tabla 1. Niveles de aminoácidos [totales e ileal aparente], nitrógeno ureico plasmático (PUN) y parámetros productivos con las recomendaciones actuales (Actual) y con la que minimiza el PUN (Propuesta).

	Actual	Propuesta	P-valor
Lisina total (g/kg)	8.1	8.1	
Lisina ileal aparente (g/kg)	5.2	5.2	
Azufrados totales (g/kg)	5.7	6.6	
Azufrados ileal aparente (g/kg)	3.6	4.7	
Treonina total (g/kg)	6.8	5.7	
Treonina ileal aparente (g/kg)	4.3	3.0	
PUN (mg/dL)	18.72±0.64	14.72±0.66	<0.05
Velocidad de crecimiento (g/d)	53.4±0.75	56.0±0.70	<0.05
Ingestión (g/d)	149±2.4	151±2.2	>0.05
Índice de conversión	2.79±0.03	2.7±0.03	<0.05

CONCLUSIONES

El método de la optimización proteica de las dietas mediante la determinación del PUN puede ser válido para optimizar el desarrollo de los animales y reducir la proteína de los piensos y la contaminación por N. En el caso de los conejos se aconseja niveles de 5.2, 3.6 y 4.3 para Lys, sAA y Thr digestible a nivel ileal aparente, respectivamente.

AGRADECIMIENTOS

Estudio financiado por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología del Gobierno de España (AGL2014-53405-C2-1-P), y por un contrato pre-doctoral a Pablo Jesús Marín García del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (FPU-2014-01203).

BIBLIOGRAFÍA

Bosch L., Alegría A., Farré R. 2006. Application of the 6-aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimidyl carbamate (AQC) reagent to the determination of amino acids in infant foods. *Journal of Chromatography B*, 831: 176-183.

de Blas J.C., González-Mateos G. 2010. Feed Formulation. En: de Blas C., Wiseman J. (eds). *Nutrition of the Rabbit*. CABI Publishing, CAB International, Wallingford Oxon, UK, 222-232.

FAOSTAT. 2016. *Statistic data: Food and Agriculture Organization*. <http://www.fao.org/newsroom/ES/news/2006/1000448/index.html>

Marín-García P.J. 2017. El nitrógeno ureico plasmático como indicador de desequilibrio en aminoácidos en los piensos de conejos. Em XXVII Curso Especialización FEDNA. Madrid: FEDNA.

Marín-García P.J., Blas Ferrer E., Pascual Amorós, J.J. 2018 Nuevas recomendaciones en aminoácidos para mejorar el índice de conversión. *Boletín de Cunicultura*, 189: 16-19.

Nicodemus N., Mateos J., de Blas J.C., Carabaño R., Fraga M. 1999. Effect of diet on amino acid composition of soft faeces and the contribution of soft faeces to total amino acid intake, through caecotrophy in lactating doe rabbits. *J. Anim. Sci.*, 69: 167–170.

SAS. 2009. *User's Guide (release 9.2)*. SAS Inst. Inc., Cary NC, USA.

Taboada E., Mendez J., de Blas J.C. 1996. The response of highly productive rabbits to dietary sulphur amino acid content for reproduction and growth. *Reproduction, Nutrition, Development*, 36: 191-203.

Determinación de las necesidades en aminoácidos digestibles a nivel ileal aparente de los conejos de engorde

Determination of the amino acid requirements of growing rabbits at digestible apparent ileal level

Marín-García P.J.^{*}, López M.C., Ródenas L., Martínez-Paredes E., Blas E., Pascual J.J.

Instituto de Ciencia y Tecnología Animal, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera, 46022 Valencia, España

^{*}Dirección de contacto: pabmarg2@doctor.upv.es

RESUMEN

La digestibilidad ileal es el mejor indicador del grado de aprovechamiento nutritivo de un animal pero su conocimiento es escaso para los conejos de engorde. Desde este mismo grupo de investigación se comprobó la combinación de aminoácidos (AA) totales (Lisina = Lys, AA azufrados= sAA y treonina = Thr) que mejoraba la síntesis proteica y maximizaba los parámetros productivos. El objetivo de este trabajo será determinar las necesidades en AA digestibles a nivel ileal tanto de esta nueva combinación (MAB), como de las actuales recomendaciones (MMM). Se realizó una prueba de cebo (entre los 28 y 63 días de vida) a 30 conejos de la línea R, seleccionada por ganancia media diaria, asignándose aleatoriamente a alguno de los dos piensos diferentes formulados a partir de la misma mezcla basal, según las recomendaciones actuales para todos los nutrientes excepto AA azufrados (sAA) y treonina (Thr). Tras el sacrificio (día 63 de vida), se recogió el contenido ileal y fue analizado. Los coeficientes de digestibilidad ileal fueron iguales entre las dietas experimentales, pero se observó una tendencia ($P>0.05$) a mejorar la digestibilidad cuando los niveles de AA eran más elevados (la adición se realizó con AA altamente digestibles). Finalmente se establecen las actuales recomendaciones digestibles a nivel ileal como 5.2, 3.6 y 4.3 g/kg de MS de Lys, sAA y Thr, respectivamente. Mientras que la nueva combinación, que mejoraba los índices productivos, la sanidad y el aprovechamiento proteico, se sitúa con unos valores de 5.2, 4.7 y 3.0 g/kg de MS de Lys, sAA y Thr, respectivamente.

Palabras clave: Aminoácido, nitrógeno, conejo, contaminación, modelo, sostenible.

ABSTRACT

Ileal digestibility is the best indicator of the nutritional use of animals but its knowledge is scarce for growing rabbits. From this same research group, the combination of total amino acids (AA) (Lysine = Lys, sulphur AA = sAA and Threonine = Thr) was verified, which improved the protein synthesis and maximized the productive traits. The objective of this work will be to determine the needs of ileal digestible AA of both this new combination (MHL) and the current recommendations (MMM). A test (between 28 and 63 days of life) was performed on 30 rabbits of the R line, selected for average daily gain, animals were randomly assigned to one of the two different diets formulated starting from the same basal mixture, according to the current recommendations for all nutrients except sAA and Thr. After the slaughtered (day 63 of life), the ileal content was collected and analyzed. The coefficients of ileal digestibility were equal between the experimental diets, but a tendency was observed ($P>0.05$) to improve the digestibility when the AA levels were higher (the addition was made with highly digestible AA). Finally, the current digestible recommendations at ileal level are established as 5.2, 3.6 and 4.3 g/kg of DM of Lys, sAA and Thr, respectively. While the new combination, which improved production traits, health and protein utilization, is situated with values of 5.2, 4.7 and 3.0 g/kg of DM of Lys, sAA and Thr, respectively.

Keywords: amino acid, nitrogen, rabbit, pollution, model, sustainable.

INTRODUCCIÓN

Las necesidades de un aminoácido (AA) corresponde con la cantidad de éste necesario para cubrir las distintas funciones del animal (bien sean de mantenimiento, crecimiento etc.). Estas necesidades se pueden

realizar sin tener en cuenta el grado de aprovechamiento (totales), o bien corrigiendo por la proporción del nutriente que realmente se queda dentro del propio animal (digerido a nivel fecal), pero el problema es que, esta medida no tiene en cuenta la acción de la microbiota. Para ello es necesario conocer las necesidades del AA digestible a nivel ileal (parte distal del intestino delgado). Ambas digestibilidades pueden calcularse teniendo en cuenta el flujo de nitrógeno endógeno (verdadera) o no (aparente). El primer paso para poder formular acorde con estas necesidades es tener la valoración de las materias primas, disponiéndose actualmente de estos valores (Villamide *et al.*, 2013). La determinación de la digestibilidad ileal es costosa y actualmente estos estudios en conejos son escasos. Pero la formulación en base a las necesidades digestibles a nivel ileal optimizarían la nutrición proteica, mejorarían la productividad, reducirían la contaminación y minimizarían el riesgo de enteropatía (de Blas *et al.*, 2007).

La determinación de las necesidades en AA totales actuales se realizó a través de estudios dosis-respuesta (de Blas y González-Mateos, 2010), pero existen indicios de la presencia actual de algún AA limitante (Marín-García *et al.*, 2016). A partir de estos indicios, se encontró la combinación de los tres AA totales típicamente limitantes en conejos de engorde (Lisina = Lys, AA azufrados = sAA y treonina = Thr) que optimizaba la absorción proteica (Marín-García, 2017) y, posteriormente, se comprobó mejores parámetros productivos (mejorando en un 4% tanto el índice de conversión como la ganancia media diaria, $P<0.05$, con respecto a las actuales recomendaciones) de los animales alimentados con esta nueva combinación (Marín-García *et al.*, 2018).

Es por ello que el objetivo del siguiente trabajo será determinar los niveles de AA digestibles a nivel ileal aparente de esta nueva combinación así como los de las actuales recomendaciones.

MATERIAL Y MÉTODOS

Un total de 30 animales destetados (día 28) de la línea R (seleccionados por GMD) procedentes de la Universitat Politècnica de València fueron pesados y alojados en jaulas individuales (dividiendo equitativamente hermanos de camada entre pienso diferentes), asignándose (de manera aleatoria) a alguno de los dos pienso experimentales (formulados a partir de la misma mezcla basal acorde a las actuales recomendaciones, marcados con yterbio y con niveles de sAA y Thr diferentes; ver Tabla 1). Durante los 35 días de cebo (hasta día 63 de vida) se controló (semanalmente) la ingestión, la evolución del peso del animal así como la mortalidad y la presencia/ausencia de periodos de morbilidad. A los 63 días, en el momento del sacrificio, se tomó muestra del contenido ileal y ésta fue sometida a análisis químico de materia seca (MS), proteína bruta (PB) y AA (AOAC, 2000).

Tabla 1. Diferentes niveles totales de lisina, aminoácidos (AA) azufrados y treonina de los dos pienso experimentales.

	Nivel de AA (g/kg MS*)		
	Lisina	AA azufrados	Treonina
MAB**	7.3	6.0	5.3
MMM***	7.3	5.2	6.2

* MS= Materia seca. **= Nueva propuesta Marín-García *et al.*, 2018; ***=Actuales recomendaciones.

Los datos de digestibilidad ileal de los diferentes nutrientes fueron calculados acorde a la siguiente ecuación:

$$DiX= 1- \frac{(M \text{ pienso} * X \text{ heces})}{(M \text{ heces} * X \text{ pienso})}$$

Donde *M* es la cantidad de marcador y *X* del nutriente a calcular.

Tras obtener los valores de digestibilidad, éstos fueron analizados mediante un procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (SAS, 2009) como se puede observar en la siguiente ecuación:

$$Y_{ij}= m + \alpha * P_i + \beta * L_j + e_{ij}$$

Donde m fue la media global, P_i = el efecto fijo del pienso ($i=1-2$; los dos piensos distintos; MMM y MAB), L_j = el efecto fijo del lote ($j = 1 - 2$) y e_{ij} el error aleatorio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tal y como puede observarse en la Tabla 2, aunque las diferencias no fueron significativas ($P>0.05$), se observó una tendencia al aumento de los coeficientes de digestibilidad ileal cuando los niveles de dichos AA eran más altos. Esto es debido a la adición de AA sintéticos altamente digestibles. Estos datos son concordantes con un estudio de digestibilidad ileal previa de este mismo grupo de investigación, donde se observaron niveles de digestibilidad ileal muy similares. Además este incremento de la digestibilidad al añadir AA sintéticos también ha sido observado en otros ensayos de digestibilidad fecal (Taboada *et al.*, 1994 y 1996; de Blas *et al.*, 1998).

Tabla 2. Efecto de las dietas experimentales sobre los coeficientes de digestibilidad ileal aparentes de la materia seca, proteína bruta y aminoácidos (%).

	MMM	MAB	P-valor
Materia seca	32.8±3.8	36.8±5.0	>0.05
Proteína bruta	57.0±2.9	54.3±3.8	>0.05
Aspártico	60.9±3.6	56.3±4.9	>0.05
Serina	50.9±4.1	44.5±5.4	>0.05
Glucina	77.7±2.4	72.8±3.4	>0.05
Glicina	30.4±4.6	34.1±6.3	>0.05
Histidina	73.1±3.1	67.7±4.1	>0.05
Arginina	79.8±2.3	75.9±3.0	>0.05
Treonina	63.7±3.2	53.0±4.2	>0.05
Alanina	58.4±3.6	52.1±4.9	>0.05
Prolina	66.9±2.4	66.7±3.2	>0.05
Tirosina	53.2±4.1	46.1±5.4	>0.05
Valina	61.5±3.6	55.2±4.8	>0.05
Lisina	70.1±3.8	59.1±5.1	>0.05
Isoleucina	65.2±3.8	57.9±5.1	>0.05
Leucina	65.2±3.8	57.9±5.1	>0.05
Fenilamina	66.0±3.8	58.5±5.1	>0.05
Cistina	40.4±4.1	54.1±5.6	>0.05
Metionina	73.9±2.7	74.1±3.7	>0.05
Azufrados	63.0±3.0	67.0±4.0	>0.05

A partir de la inclusión total de AA y su coeficiente de digestibilidad ileal, se puede determinar los niveles de AA digestibles a nivel ileal aparente. El único valor que puede comprarse es la Thr del pienso MMM (4.1 g/kg MS; de Blas *et al.*, 1998), Este valor es similar al analizado en el presente trabajo para la Thr del pienso MMM, lo que aporta solidez a los presentes resultados. Tanto los valores de digestibilidad ileal aparente de las recomendaciones actuales junto con los de las nuevas recomendaciones están recogidos en la Tabla 3.

Tabla 3. Valores de Lisina (Lys), Aminoácidos azufrados (sAA) y Treonina (Thr) totales y digestibles a nivel ileal de las dietas experimentales (g/kg MS).

	MMM			MAB		
	Lys	sAA	Thr	Lys	sAA	Thr
Total	8.1	5.7	6.8	8.1	6.6	5.7
Ileal aparente	5.2	3.6	4.3	5.2	4.7	3.0

CONCLUSIONES

Los valores recomendados actualmente de Lys, sAA y Thr digestibles a nivel ileal aparente son de 5.2, 3.6 y 4.3 g/kg MS, respectivamente. Mientras que nuestra nueva propuesta, con la que se mejoraron parámetros sanitarios y productivos, corresponde a 5.2, 4.7 y 3.0 g/kg MS, respectivamente. Los valores obtenidos representan la digestibilidad ileal aparente, el último paso sería corregir por el flujo de nitrógeno endógeno del animal para determinar la digestibilidad ileal verdadera.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido apoyado por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) del Gobierno de España (AGL2014-53405-C2-1-P). También se agradece la beca concedida a Pablo Jesús Marín García del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (FPU-2014-01203).

BIBLIOGRAFÍA

- A.O.A.C. 2000. *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemist. EUA.
- de Blas C., Astillero R., Chamorro S., Corujo A., García-Alonso J., García-Rebollar P., García-Ruiz I., Menoyo D., Nicodemus N., Romero C., Carabaño R. 2007. *Efectos de la nutrición y el manejo sobre el desarrollo de patologías digestivas de gazapos en un entorno de enteropatía epizootica*. XXIII Curso de especialización FEDNA, Madrid.
- de Blas J.C., González-Mateos G. 2010. *Feed Formulation*. En: de Blas C., Wiseman J. (eds). *Nutrition of the Rabbit*. CABI Publishing, CAB International, Wallingford Oxon, UK, pp. 222-232.
- de Blas J.C., Taboada E., Nicodemus N., Campos R., Piquer J. y Mendez J. 1998. *Performance response of lactating and growing rabbits to dietary threonine content*. *Animal Feed Science Technology*, 70: 151-160.
- Marín-García P.J., Blas E., Cervera C., Pascual J.J. 2016. *A deficient protein supply could be affecting selection for growth rate in rabbits*. En: *68th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science*. Belfast, U.K., pp. 489.
- Marín-García P.J., López M.C., Ródenas L., Martínez-Paredes E., Blas E., Pascual J.J. 2018. *Effect of the levels of lysine, sulphur amino acids and threonine in diets for rabbits with high growth rates*. En: *69th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science*. Dubrovnik, Croatia, pp. 586.
- Marín-García P.J. *Determination of threonine requirements for growing rabbits using plasma urea nitrogen level*. 2017. En: *70th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science*. Tallin, Estonia, pp. 385.
- SAS. 2009. *User's Guide (release 9.2)*. SAS Inst. Inc., Cary NC, USA.
- Taboada E., Mendez J., de Blas J. C. 1996. *The response of highly productive rabbits to dietary sulphur amino acid content for reproduction and growth*. *Reproduction, Nutrition, Development*, 36: 191-203.
- Taboada E., Mendez J., Mateos G.G., Blas J. C. De. 1994. *The response of highly productive rabbits to dietary lysine content*. *Livestock Production Science*, 40: 329-337.
- Villamide M.J., García A.I., Llorente A., Carabaño R. 2013. *Ileal vs. faecal amino acid digestibility in concentrates and fibrous sources for rabbit feed formulation*. *Animal Feed Science and Technology*, 182: 100-110.

Efecto de la inclusión de un galactomanano en piensos con diferente fibra soluble sobre la digestibilidad y la actividad cecal en conejos de engorde

Effect of galactomannan inclusion in diets with different soluble fiber on digestibility and cecal activity in growing rabbits

Zemzmi J.^{1,2}, Ródenas L.¹, Blas E.¹, Martínez-Paredes E.¹, López-Luján M.C.¹, Moya J.¹, Najar T.², Pascual J.J.¹

¹ Institute for Animal Science and Technology, University Politécnica de Valencia, Valencia, Spain

² National Agronomic Institute of Tunisia, University of Carthage, Tunisia

*Dirección de contacto: zemji@doctor.upv.es

RESUMEN

La producción de conejo tiene una alta dependencia del uso de antimicrobianos, por lo que es recomendable buscar alternativas. En trabajos previos, se ha demostrado la no digestibilidad de un galactomanano (GM) de semillas de alholva por las enzimas gástricas y del intestino delgado y su alta fermentabilidad en el ciego. En este trabajo se ha propuesto dicho GM como una fibra soluble que puede tener un efecto prebiótico en conejos de engorde. Se realizó una prueba de engorde (entre el día 28 y 63 de vida) con 216 conejos destetados. Estos fueron alojados individualmente en cuatro tratamientos (sin antibióticos) que fueron diseñados de forma factorial (2x2), incluyendo dos niveles de fibra soluble, con y sin GM: H (alta fibra soluble), L (baja fibra soluble), HGM (alta fibra soluble+1% de GM) y LGM (baja nivel de fibra soluble +1% de GM). Los piensos H y HGM disminuyeron la ingestión, la digestibilidad de los nutrientes y la mortalidad ($P<0.001$) respecto a los piensos L y LGM. Los piensos L y LGM aumentaron la digestibilidad de la proteína bruta y las fracciones fibrosas. El LGM aumentó ($P>0.05$) la digestibilidad del NDF en 2.6 y del ADF en 1.3 puntos porcentuales en comparación con el pienso L. Respecto a la actividad cecal, se observó un aumento en la concentración de ácido caproico en los grupos GM ($P<0.01$), lo que sugiere una actividad microbiana diferente. Así, la inclusión en la dieta de un 1% de GM podrá mejorar la digestibilidad de las fracciones fibrosas y modular la actividad cecal de conejos en engorde. Sin embargo, sería recomendable conocer su efecto sobre la microbiota cecal para un mayor conocimiento sobre el potencial de este GM como prebiótico para conejos.

Palabras clave: conejo, prebiótico, galactomanano, fibra, digestibilidad, cecal.

ABSTRACT

Rabbit meat production is highly dependent on the use of antimicrobials, so it is advisable to look for alternatives. The non-digestibility of a galactomannan (GM) of fenugreek seeds by gastric and small intestine enzymes and its high fermentability by caecal bacteria have been demonstrated in a previous work. In this work, this GM has been proposed as a soluble fiber that can have a prebiotic effect for growing rabbits. A fattening trial was carried out (from 28 to 63 days of life) with 216 weaned rabbits. Animals were individually housed in four treatments (without antibiotics) that were designed in a factorial way (2x2), including two levels of soluble fiber, with and without GM: H (high soluble fiber), L (low soluble fiber), HGM (high soluble fiber + 1% GM) and LGM (low soluble fiber + 1% GM). H and HGM feeds reduced feed intake, digestibility of nutrients and mortality ($P<0.001$) respect to L and LGM. However, L and LGM feeds increased the digestibility of crude protein and fibrous fractions. LGM increased ($P>0.05$) the digestibility of NDF on 2.6 and of ADF on 1.3 percentage points in comparison to L feed. Regarding the caecal activity, a significant increase in the concentration of caproic acid was observed in GM groups ($P<0.01$), which suggests a different microbial activity. Dietary inclusion of 1% of GM could improve the digestibility of the fibrous fractions and modulate

caecal activity of growing rabbits. However, it would be advisable to know its effect on the caecal microbiota for greater knowledge about the potential of this GM as a prebiotic for rabbits.

Keywords: rabbits, prebiotics, galactomannan, digestibility, caecal.

INTRODUCCIÓN

Los trastornos digestivos en gazapos de engorde son responsables de una alta morbilidad y mortalidad, pudiendo alcanzar al 60% de los animales en periodo de cebo. Dichas patologías digestivas causan importantes pérdidas económicas, que se suelen tratar de solucionar a través del uso de antibióticos. Esta dinámica puede contribuir a la proliferación de microorganismos multirresistentes, creando un problema aún más grave para la salud de los animales e incluso humana. Por ello, la reducción o eliminación de antibióticos en producción animal debe considerarse un reto clave. Una estrategia en este sentido es la posible manipulación de la microbiota cecal mediante la inclusión dietaria de fibras solubles que puedan tener un efecto prebiótico tal y como los galactomananos (GM). Según Gibson *et al.* (2017), un prebiótico es un sustrato que es utilizado selectivamente por microorganismos anfitriones que confieren un beneficio para la salud. El objetivo de este trabajo fue comparar el efecto de inclusión de un GM en dos piensos con diferentes niveles de fibra soluble sobre la digestibilidad y los parámetros de la actividad cecal en conejos de engorde.

MATERIAL Y MÉTODOS

Un total de 216 gazapos, destetados a los 28 días de vida, de la línea LP de la Universitat Politècnica de València, fueron homogéneamente distribuidos en 4 lotes, pesados y alojados en jaulas individuales, repartiendo los animales de cada camada entre los grupos experimentales de forma aleatoria. Los cuatro piensos experimentales se obtuvieron a partir de dos piensos basales (Tabla 1) uno con un alto nivel de fibra soluble (H) y otro con un bajo nivel de fibra soluble (L), a través de la inclusión de diferentes niveles de pulpa de remolacha. También se fabricaron versiones de dichos piensos incluyendo un 1% de GM de semillas de alholva: HGM (alto nivel de fibra soluble más 1% de GM) y LGM (bajo nivel de fibra soluble más 1% de GM). Durante los 35 días de cebo (hasta el día 63 de vida) se controló semanalmente la ingestión y el peso de los animales. La mortalidad y la morbilidad se controlaron diariamente. La digestibilidad aparente fecal se determinó del día 49 al 53 de cebo, en los cuales se recogieron diariamente las heces duras y se controló el consumo individual de 46 gazapos elegidos al azar entre los animales sanos que formaban parte del experimento. Respecto a los parámetros cecales, se midió el pH del contenido cecal a los 63 días de vida, y se recogieron muestras en soluciones conservantes para determinar la producción de ácidos grasos volátiles y el nitrógeno amoniacal. Los datos de digestibilidad aparente *in vivo*, del desarrollo durante crecimiento y de la actividad cecal se analizaron mediante el procedimiento GLM de SAS (1996). La mortalidad y la morbilidad se analizaron mediante una regresión logística (procedimiento GENMOD de SAS para distribuciones binomiales). Ambos modelos incluyeron los niveles de fibra soluble y de GM, así como su interacción como efectos fijos.

Tabla 1. Composición química de los piensos basales (% materia seca).

	Humedad	PB	FND	FAD	LAD	Celulosa	Hemicelulosa
H	8.15	12.11	44.41	25.02	7.78	19.39	17.24
L	8.62	15.62	37.25	19.35	5.17	17.90	14.17

PB: proteína bruta, FND: fibra neutro detergente, FAD: fibra ácido detergente, LAD: lignina ácido detergente

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta que el experimento se ha diseñado sin antibióticos, la mortalidad y la morbilidad registradas (Figura 1) durante el cebo fueron bastante elevadas, con un 24, 33, 42 y 47% de mortalidad para los grupos H, HGM, L y LGM respectivamente. Esta mortalidad mostró signos compatibles con la enteropatía epizootica del conejo y fue significativamente superior para los animales con piensos con menores niveles de fibra soluble (+12%; *P*<0.05). Estos resultados confirman los obtenidos anteriormente por otros autores (Pérez *et al.*, 2000), que observan una mejora de la supervivencia cuando se aumenta el nivel de fibra soluble.

La ingestión de pienso fue más alta con los piensos L y LGM (98.1, 98.2, 92.44 y 91.23 g MS/día para L, LGM, H y HGM respectivamente) asociada a la regulación del consumo energético por parte de los gazapos. Como

era de esperar, tal y como se puede observar en las Figuras 2 y 3, la digestibilidad aparente de la materia seca (MS) y proteína bruta (PB) fueron significativamente superiores en los piensos pobres en fibra, mientras que la digestibilidad aparente de las fracciones fibrosas, como la fibra neutra detergente (FND) y la fibra ácido detergente (FAD), fueron significativamente superior en los piensos ricos en fibra soluble. Sin embargo, hemos observado un aumento del 2.6% y del 1.33% en la digestibilidad aparente de la FND y la FAD al añadir el GM al pienso L. En un meta-estudio sobre fibra soluble, Trocino *et al.* (2013) muestran que los aumentos de la fibra soluble en la dieta se correlacionan positivamente con la mejora de la digestibilidad de las mismas fracciones añadidas.

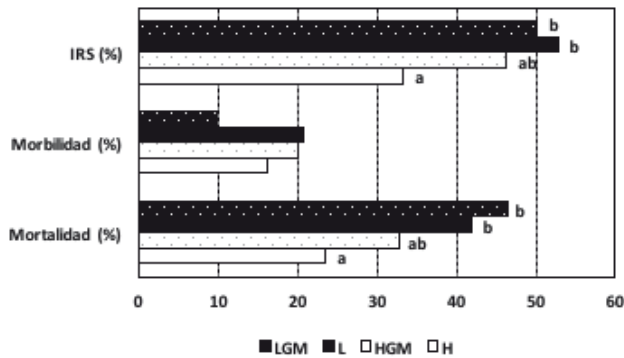


Figura 1. Efecto de las dietas experimentales sobre la mortalidad, morbilidad y el índice de riesgo sanitario (IRS) de los conejos de engorde.

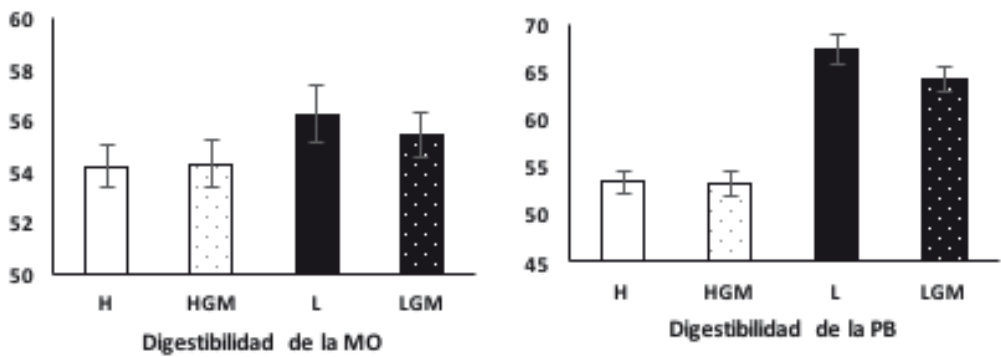


Figura 2. Efecto de las dietas experimentales sobre la digestibilidad aparente (%) de la materia orgánica (MO) y la proteína bruta (PB) en conejos de engorde.

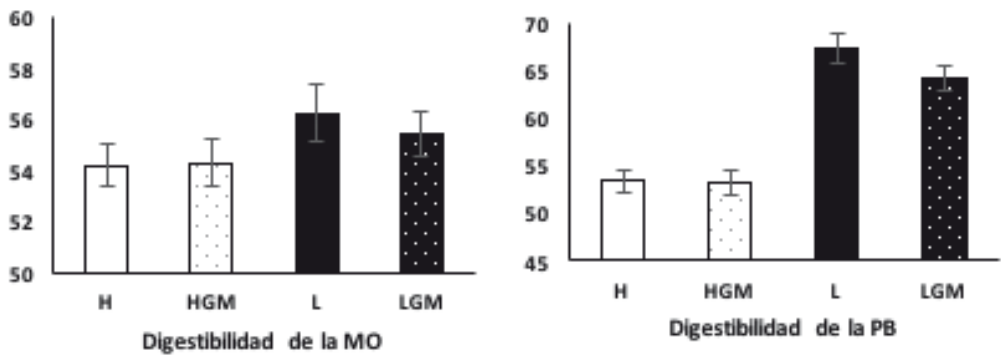


Figura 3. Efecto de las dietas experimentales sobre la digestibilidad aparente de la fibra neutro detergente (FND) y la fibra ácido detergente (FAD).

La mayoría de los parámetros cecales (Tabla 2), como los AGV y N-NH₃, no fueron afectados por la inclusión del GM en el pienso, sino por el nivel de fibra soluble del pienso. Así, se observó una mayor concentración de acético, propiónico, isobutírico y isovalérico y una menor concentración de butírico y N-NH₃ con los piensos H y HGM (P<0.001). Un único efecto del GM se encontró para la concentración del caproico, que fue significativamente mayor en el pienso LGM respecto al pienso L. Se ha demostrado que el ácido caproico reduce el número de bacterias coliformes en el ciego y las heces de animales infectados experimentalmente con la cepa enteropatógena de *E. coli* O103 (Skrivanova et al., 2008). Por otra parte, según Stewart et al. (1993) y Williams et al. (2000), los ácidos grasos de cadena corta son los principales productos de la fermentación de los carbohidratos y este proceso necesita una mayor captación de amoníaco como fuente de N para el desarrollo microbiano, lo que podría explicar la concentración más baja de N-NH₃ en los piensos H y HGM.

Tabla 2. Efecto de las dietas experimentales sobre la actividad cecal de conejos de engorde

	Piensos				P-valor	
	H	HGM	L	LGM	Fibra	GM
pH	5.87±0.03	5.87±0.03	5.89±0.03	5.88±0.03	0.420	0.843
AGVt	53.78±1.68	53.86±1.74	44.64±1.81	44.02±1.81	<0.001	0.878
Acético, %	81.22±0.01	81.7±0.01	77.59±0.01	76.19±0.01	<0.001	0.568
Propiónico, %	4.14±0.00	4.17±0.00	3.86±0.00	3.87±0.00	0.061	0.896
Butírico, %	13.11±0.01	12.9±0.01	16.7±0.01	17.76±0.01	<0.001	0.526
Caproico, %	0.39±0.00	0.37±0.00	0.83±0.00	1.15±0.00	<0.001	0.010
N-NH ₃ , mg/L	35.18±8.47	35.75±8.83	92.45±8.64	105.21±8.83	<0.001	0.445

GM: galactomanano; AGVt: ácidos grasos volátiles

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos parecen confirmar que el aumento del nivel de la fibra soluble reduce la mortalidad y aumenta la concentración cecal de los AGV, indicadores de una buena salud digestiva. Además, la suplementación de GM a un pienso de bajo nivel de fibra soluble parece mejorar el aprovechamiento de las fracciones fibrosas, así como un aumento de la concentración de caproico en el ciego. Sin embargo, estos cambios no tuvieron un efecto positivo sobre la salud digestiva de los animales. Tal vez, una inclusión del 1% de GM no es suficiente para ver cambios relevantes en la digestión de pienso y en los parámetros de fermentación cecal. Actualmente se está evaluando su efecto sobre la microbiota.

AGRADECIMIENTOS

El equipo quiere agradecer a las universidades e instituciones que están apoyando y financiando este estudio, el Instituto de Agronomía de Túnez de la Universidad de Cartago y el Instituto de Ciencia y Tecnología Animal a través de un Proyecto Interno de la Universidad Politécnica de Valencia (España).

BIBLIOGRAFÍA

Gibson G.R., Hutkins R., Sanders M.E., Prescott S.L., Reimer R.A., Salminen S.J., Scott K., Stanton C., Swanson K.S., Cani P.D., Verbeke K., Reid G. 2017. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) Consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol.* 14(8): 491-502.

Perez J.M., Gidenne T., Bouvarel I., Arveux P., Bourdillon A., Briens C., Le Naour J., Messenger B., Mirabito L. 2000. Replacement of digestible fibre by starch in the diet of the growing rabbit. II. Effects on performances and mortality by diarrhoea. *Annales de Zootechnie*, 49: 369-377.

Skrivanova E., Molatova Z., Marounek M. 2008. Effects of caprylic acid and triacylglycerols of both caprylic and capric acid in rabbits experimentally infected with enteropathogenic *Escherichia coli* O. *Veterinary Microbiology*, 126: 372-376.

- Stewart, C.S., Hilman, K., Maxwell, F., Kelly, D., King, T.P., 1993. Recent advances in probiotics in pigs: observations on the microbiology of the pig gut., In: Garnsworthy, P.C., Cole, D. J.A. (Eds.), In. *Recent Advances in Animal Nutrition*, Nottingham University Press, Nottingham, pp. pp 197–220.
- Trocino A., García J., Carabaño R., Xiccato G. 2013. *A meta-analysis of the role of soluble fiber in diets for growing rabbits*. *World Rabbit Science*, 21: 1-15.
- Williams B.A., Bosch M.W., Verstegen M.W.A. 2000. *Changes in digesta NH₃ concentration related to fermentable carbohydrates in piglet diets*, *Proceedings of the British Society of Animal Science*, British Society of Animal Science, Scarborough, pp.: 21.

Efecto de la suplementación con xilo-oligosacáridos en el agua de bebida y del nivel de fibra soluble del pienso sobre los parámetros productivos y digestivos en conejos en crecimiento

Effect of xylo-oligosaccharides supplementation in drinking water and level of dietary soluble fibre on growth performance and digestive traits in rabbits

Farias C., Gratta F., Ocasio-Vega C., Feijoo D., Tejeiro C., Nicodemus N., Carabaño R., García J.

Dpto. Producción Agraria, ETSI Agronómica, Alimentaria y Biosistemas, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid

*Dirección de contacto: javier.garcia@upm.es

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la suplementación con XOS en agua y su posible efecto sinérgico con la fibra soluble sobre los rendimientos productivos de gazapos así como su influencia sobre la fisiología del tracto digestivo. Se utilizaron 6 tratamientos estructurados de forma factorial (3 niveles de xilo-oligosacáridos en agua —0, 4,0 y 8,0 g/L— × 2 niveles de fibra soluble en el pienso —8,8 vs. 12,9 % MS—). Se utilizaron 282 gazapos destetados a los 35 d. Se determinó la digestibilidad fecal de 40 a 43 d de edad y a los 46 d se suspendió la suplementación de XOS en el agua y se sacrificaron 48 gazapos para determinar los ácidos grasos volátiles (AGV) en la digesta. La suplementación con XOS mejoró la velocidad de crecimiento y la eficiencia alimenticia de 35 a 46 d de edad (un 14%; $P \leq 0,033$) y tendió a reducir linealmente la mortalidad de los gazapos en este periodo ($P = 0,10$), sin modificar la ingestión de pienso, ni la digestibilidad de la energía y proteína. Al final del cebo solo se observó una mejora lineal de la eficiencia alimenticia de un 6,7% al suplementar con XOS. Los XOS modificaron poco la concentración de AGV en el íleon y el ciego y no afectaron al pH de la digesta, sin mostrar interacciones con el nivel de fibra soluble. Por su parte, el incremento del nivel de fibra soluble redujo la mortalidad en el periodo global de cebo ($P = 0,002$), tendió a mejorar la eficiencia alimenticia ($P = 0,075$), y aumentó la digestibilidad de la energía bruta ($P = 0,009$) y la concentración de AGV en el íleon (9,16 vs. 5,75 mmol/g, $P < 0,001$) y en el ciego (88,7 vs. 69,8 mmol/g, $P < 0,001$).

Palabras clave: xilooligosacáridos, fibra soluble, rendimientos productivos, digestibilidad, parámetros digestivos.

ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the effect of XOS supplementation in water and its potential synergy with soluble fiber on the growth traits and on the physiology of the digestive tract. Six treatments in a factorial arrangement were used (3 levels of XOS in water —0, 4.0 and 8.0 g/L— × 2 levels of soluble fibre in the feed —8.8 vs. 12.9% DM—). A total of 282 weaned rabbits were used at 35 d. Fecal digestibility was determined from 40 to 43 d of age and at 46 d the XOS supplementation was suspended and 48 kits were slaughtered to determine the volatile fatty acids (VFA) in the digesta. XOS supplementation improved growth rate and feed efficiency from 35 to 46 d of age (14%, $P \leq 0.033$) and tended to reduce the mortality in this period ($P = 0.10$), without modifying feed intake, nor the digestibility of energy and protein. At the end of the fattening, only a linear improvement in feed efficiency of 6.7% was observed when supplemented with XOS. The XOS modified little the concentration of AGV in the ileum and the caecum and did not affect the digesta pH, without showing interactions with the level of soluble fibre. The increase of the level of soluble fibre reduced the mortality in the whole experimental period ($P = 0.002$), tended to improve feed efficiency ($P = 0.075$), and increased the digestibility of gross energy ($P = 0.009$). and the concentration of VFA in the ileum (9.16 vs. 5.75 mmol / g, $P < 0.001$) and in the cecum (88.7 vs. 69.8 mmol / g, $P < 0.001$).

Keywords: xylo-oligosaccharides, soluble fibre, growth performance, digestibility, digestive traits.

INTRODUCCIÓN

El incremento del nivel de fibra soluble suele reducir la incidencia de enteropatía epizoótica (Trocino *et al.*, 2013). Este efecto podría estar mediado por los oligosacáridos producidos por la degradación intestinal de los hidratos de carbono estructurales (Pedersen *et al.*, 2015) y que podrían depender de la fuente de fibra utilizada según lo sugerido por Abad-Guamán *et al.* (2015). Estos oligosacáridos podrían influir indirectamente en la mucosa intestinal ya que pueden modular cambios en la población microbiana (Jiao *et al.*, 2014) o directamente como sugieren los efectos no prebióticos de algunos oligosacáridos seleccionados y polisacáridos estructurales sobre la respuesta inmune en ratones (Vos *et al.*, 2007; Breton *et al.*, 2015). La suplementación de este tipo de carbohidratos de bajo peso molecular podría actuar de forma sinérgica o complementaria a la inclusión de fuentes de fibra fermentable y podrían potenciar su efecto positivo sobre la salud intestinal. Previamente, hemos observado como la suplementación con 7,5 g celobiosa/L combinado con un pienso bajo en fibra soluble redujo la mortalidad en un contexto de enteropatía (Ocasio-Vega *et al.*, 2018). Otros oligosacáridos como los xilo-oligosacaridos (XOS) han tenido un efecto positivo sobre los rendimientos productivos en broilers (Yuan *et al.*, 2018) y podrían resultar de interés en conejos. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la suplementación con XOS en agua y su posible efecto sinérgico con la fibra soluble sobre los rendimientos productivos de gazapos así como su influencia sobre la fisiología del tracto digestivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 6 tratamientos estructurados de forma factorial (3 niveles de xilo-oligosacaridos en agua × 2 niveles de fibra soluble en el pienso). Los niveles de XOS evaluados fueron 0, 4,0 y 8,0 g/L (73% xilosa). Se formularon dos piensos experimentales con dos niveles de fibra soluble (FS) (8,8 vs. 12,9 % MS para baja y alta fibra soluble respectivamente y 39,3% FND sobre MS) (Tabla 1). Un total de 222 gazapos destetados a los 35 d (844 ± 130 g) fueron bloqueados por camada y asignados al azar a los tratamientos (37/tratamiento). Los gazapos fueron alojados individualmente, teniendo acceso *ad libitum* al pienso y al agua, y no fueron medicados. El consumo de agua se estimó a partir de la relación entre el consumo de agua y el de pienso obtenida por Delgado *et al.* (2015). Otro grupo de 60 gazapos de 35 d de edad se utilizó para determinar la digestibilidad fecal entre los 40 y 43 d de edad (7/tratamiento). A los 46 d de edad se sacrificaron 48 gazapos (1413±456 g) y se tomó muestras de contenido ileal y cecal para cuantificar los ácidos grasos volátiles (AGV)

Tabla 1. Ingredientes y composición química de los piensos experimentales.

	Baja fibra soluble	Alta fibra soluble
Ingredientes %		
Cebada	7,0	5,64
Trigo	7,0	5,64
Pulpa de remolacha	0,0	17,0
Paja	24,19	20,24
Alfalfa deshidratada	15,39	15,4
Gluten feed	7,1	2,0
Salvado	13,5	4,0
Torta de girasol	13,0	17,5
Composición química,% MS		
Proteína bruta	18,7	18,3
Fibra dietética total	48,4	51,9
Fibra neutro detergente	39,6	39,0
Fibra ácido detergente	23,0	24,7
Lignina ácido detergente	6,64	6,52
Fibra soluble (TDF-FND)	8,81	12,9
Almidón	11,7	8,63

Todos llevan: Torta de soja 6; manteca 3,5; melaza 1,0; 0,47-0,38 aminoácidos (piensos BFS y AFS); ClNa 0,25; 1,45-1,3 carbonato y fosfato cálcico (piensos BFS y AFS); Corrector 0,15.

así como su pH (8/tratamiento). A los 46 d se suspendió la suplementación de XOS en el agua. Los datos fueron analizados mediante un modelo mixto que incluyó como factores fijos el nivel de fibra soluble, el nivel de XOS y las interacciones entre estos factores (estudiándose su efecto lineal y cuadrático de los XOS y su interacción con el nivel de fibra soluble mediante contrastes), el peso inicial al destete se incluyó como covariable y la camada se incluyó como un efecto aleatorio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La suplementación con XOS mejoró la velocidad de crecimiento (un 13%) y la eficiencia alimenticia (un 15%) de 35 a 46 d de edad ($P \leq 0,033$), sin modificar la ingestión de pienso (Tabla 2), ni la digestibilidad de la energía y proteína (57,5 y 74,4% de media, respectivamente; (Tabla 3). Además la inclusión de XOS tendió a reducir linealmente la mortalidad de los gazapos en este periodo ($P = 0,10$). Al suprimir la suplementación con XOS no se observaron estos efectos, por lo que al final del cebo solo se observó una mejora lineal de la eficiencia alimenticia de un 6,7% al suplementar con XOS. Estos efectos positivos de los XOS podrían estar asociados a los cambios en la microbiota (Jiao *et al.*, 2014), si bien en este trabajo los XOS modificaron poco la concentración de AGV en el íleon y el ciego (solo se observó un efecto cuadrático, aumentando la concentración de AGV en el ciego con la suplementación de 4 g XOS/L: 84,6 vs. 76,5 mmol/g, $P = 0,042$) así como sus proporciones molares, y no afectaron al pH de la digesta. No se observaron interacciones entre la suplementación con XOS y el nivel de fibra soluble.

Por su parte, el incremento del nivel de fibra soluble redujo la mortalidad de los 35 a los 46 d de edad ($P = 0,003$), así como en el periodo global de cebo ($P = 0,002$), al igual que lo observado en trabajos previos (Trocin *et al.*, 2013). Además, tendió a mejorar la eficiencia alimenticia en el periodo global de cebo ($P = 0,075$), efecto que fue más marcado de 35 a 46 d de edad. El aumento de fibra soluble mejoró la digestibilidad de la energía bruta (4%, $P = 0,009$) y aumentó la concentración de AGV en el íleon (9,16 vs. 5,75 mmol/g, $P < 0,001$) y en el ciego (88,7 vs. 69,8 mmol/g, $P < 0,001$), reduciendo la proporción molar de ácido butírico en el ciego ($P = 0,050$). Si bien, no modificó ni el pH ileal ni cecal.

Tabla 2. Efecto de la suplementación con xilo-oligosacáridos (XOS) en el agua de bebida y del nivel de fibra soluble sobre los rendimientos productivos de gazapos en crecimiento (n = 37).

Nivel fibra soluble XOS, g/L	Baja FS			Alta FS			SEM	P-valor				
	0	4.0	8.0	0	4.0	8.0		Fibra Soluble	XOS	Fibra soluble × XOS		
									Lineal	Cuadrático	Lineal	Cuadrático
35-46 d												
Consumo, g/d	104	111	110	115	115	112	4,10	0,090	0,70	0,43	0,26	0,68
Ganancia de peso, g/d	41,1	43,1	48,3	46,7	46,9	50,9	2,67	0,063	0,033	0,42	0,56	0,95
Eficacia alimenticia, g/g	0,356	0,367	0,428	0,411	0,400	0,454	0,02	0,032	0,009	0,13	0,50	0,82
Mortalidad,%	16,2	13,5	5,3	2,7	2,8	0	-	0,003	0,10	0,28	0,49	0,49
Consumo de XOS, g/d	0	0,65	1,30	0	1,03	2,0	-	-	-	-	-	-
35-57 d												
Peso 57 d, g	1819	1850	1851	1840	1881	1860	51,3	0,59	0,58	0,57	0,90	0,84
Consumo, g/d	125	132	130	128	132	126	3,95	0,72	0,16	0,39	0,87	0,41
Ganancia de peso, g/d	43,5	44,1	47,1	44,1	48,5	46,3	1,91	0,37	0,13	0,54	0,71	0,18
Eficacia alimenticia, g/g	0,341	0,333	0,359	0,343	0,370	0,371	0,01	0,075	0,047	0,83	0,65	0,13
Mortalidad, %	29,7	26,9	21,1	10,8	8,3	10,8	-	0,002	0,62	0,82	0,62	0,65

Tabla 3. Efecto de la suplementación con xilo-oligosacáridos y del nivel de fibra soluble sobre la digestibilidad aparente de gazapos en cebo de 40 a 43 d de edad (n = 7).

Nivel fibra soluble XOS, g/L	Baja FS			Alta FS			SEM	Fibra Soluble	P-valor			
	0	4.0	8.0	0	4.0	8.0			XOS	Fibra soluble × XOS	Lineal	Cuadrático
Consumo, g DM/d	101	122	103	100	118	118	6,73	0,60	0,15	0,023	0,24	0,37
Digestibilidad fecal aparente, %												
Energía bruta	56,8	55,9	56,1	59,2	58,9	57,9	1,05	0,009	0,34	0,89	0,76	0,66
Proteína bruta	75,9	73,9	75,3	75,6	72,6	73,4	1,18	0,22	0,21	0,11	0,49	0,92

BIBLIOGRAFÍA

- Abad-Guamán R., Carabaño R., Gómez-Conde M.S., García J.. 2015. Effect of type of fiber, site of fermentation, and method of analysis on digestibility of soluble and insoluble fiber in rabbits. *J. Anim. Sci.*, 93: 2860-2871.
- Breton J., Plé C., Guérin-Deremaux L., Pot B., Lefranc-Millot C., Wils D., Foligné B. 2015. Intrinsic Immunomodulatory Effects of Low-Digestible Carbohydrates Selectively Extend Their Anti-Inflammatory Prebiotic Potentials. *BioMed Res. Int.* <http://dx.doi.org/10.1155/2015/162398>.
- Delgado R., Abad-Guamán R., Nicodemus N., Sastre J., Menoyo D., Carabaño R., García J. 2015. Efecto del nivel de fibra soluble y de la relación omega-6/omega-3 sobre el consumo de agua en gazapos en cebo. 40 Symposium de Cunicultura de ASESCU, pp. 90-93.
- Jiao L.F., Song Z.H., Ke Y.L., Xiao K., Hu C.H., Shi B. 2014. Cello-oligosaccharide influences intestinal microflora, mucosal architecture and nutrient transport in weaned pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 195:85-91. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2014.05.014.
- Ocasio-Vega C., Delgado R., Abad-Guamán R., Carabaño R., Carro M.D., Menoyo D. García J. 2018. The effect of cellobiose on the health status of growing rabbits depends on the dietary level of soluble fiber. *J. Anim. Sci.* (doi:10.1093/jas/sky106).
- Pedersen M.B., Yu S., Arent S., Dalsgaard S., Bach Knudsen K.E., Lærke H.N. 2015. Xylanase increased the ileal digestibility of nonstarch polysaccharides and concentration of low molecular weight nondigestible carbohydrates in pigs fed high levels of wheat distillers dried grains with solubles. *J. Anim. Sci.*, 93: 2885-2893.
- Trocino A., García J., Carabaño R., Xiccato G. 2013. A meta-analysis on the role of soluble fibre in diets for growing rabbits. *World Rabbit Sci.*, 21: 1-15.
- Vos A.P., Haarman M., van Ginkel J.W., Knol J., Garssen J., Stahl B., Boehm G., M'Rabet L. 2007. Dietary supplementation of neutral and acidic oligosaccharides enhances Th1-dependent vaccination responses in mice. *Ped. Allergy Immunol.*, 18: 304-312.
- Yuan, L., Li W., Huo Q., Du C., Wang Z., Yi B., Wang M. 2018. Effects of xylo-oligosaccharide and flavomycin on the immune function of broiler chickens. *PeerJ*, 6: e4435. <http://doi.org/10.7717/peerj.4435>

Efecto de la suplementación con xilooligosacáridos en el agua de bebida y de la restricción alimenticia sobre la digestibilidad y los rendimientos productivos en gazapos en cebo

Effect of xylo-oligosaccharides supplementation in drinking water and feed restriction on digestibility and growth performance in rabbits.

Farias C., Simbaña F., Reyes D., Gallego M., Nicodemus N., Carabaño R., García J.*
Departamento de Producción Agraria, ETSI Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid
*Dirección de contacto: javier.garcia@upm.es

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la suplementación con xilooligosacáridos en agua (XOS) y su posible efecto sinérgico con la restricción alimenticia sobre los rendimientos productivos y la digestibilidad de gazapos. Se utilizaron 4 tratamientos estructurados de forma factorial: 2 niveles de XOS (0, y 7,5 g/L) × 2 sistemas de alimentación (*ad libitum* y restricción desde 32 a 51 d de edad). El grupo restringido recibió una ración que comenzó siendo del 50% respecto al grupo *ad libitum* el día siguiente del destete y se incrementó linealmente hasta alcanzar el 100% de ingestión de los animales *ad libitum* el día 51 de edad. Se utilizaron 236 gazapos destetados a los 32 d de edad y no se medicaron. Entre los 39 y 43 d de edad se determinó la digestibilidad fecal (9/tratamiento) y a los 60 d se sacrificaron 10/tratamiento para la evaluar el rendimiento canal. La suplementación con XOS mejoró la digestibilidad de la energía y proteína ($P \leq 0,028$), y redujo la ingestión ($P = 0,014$) en el periodo global de cebo (32-59 d edad). Sin embargo, también fue acompañada de una tendencia a reducirse la velocidad de crecimiento ($P = 0,12$) y a aumentar la mortalidad ($P = 0,12$). La restricción de alimento mejoró la digestibilidad de la energía y la proteína ($P \leq 0,013$). En gazapos restringidos (71% de media) empeoró un 5% la velocidad de crecimiento, generando gazapos 75 g más ligeros a 59 d de edad ($P = 0,037$), pero mejoró la eficiencia alimenticia un 12% ($P < 0,001$), sin modificar el rendimiento canal (57,8% de media). Además, la restricción redujo la mortalidad: 22,5 vs. 4,0% ($P < 0,001$). No se observaron interacciones entre la suplementación con XOS y la restricción alimenticia.

Palabras clave: xilooligosacáridos, restricción alimenticia, rendimientos productivos, gazapos.

ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the effect of xylo-oligosaccharides supplementation water (XOS) and its potential synergy with feed restriction on the digestibility and growth traits of rabbits. Four treatments in a factorial arrangement were used: 2 levels of XOS (0, and 7.5 g/L) × 2 feeding systems (*ad libitum* and restriction from 32 to 51 d of age). The restricted group received a ration that began being 50% with respect to the *ad libitum* group at weaning and increased linearly until 100% of intake of the libitum group at 51 d of age. A total of 236 rabbits weaned at 32 d of age and with no medication were used. Fecal digestibility was determined between 39 and 43 d of age (9/treatment), and at 59 d of age 10 rabbits/treatment were slaughtered to evaluate dressing out percentage. XOS supplementation improved energy and protein digestibility ($P \leq 0.028$), and reduced feed intake ($P = 0.014$) in the whole period, but also tended to reduce the growth rate and increase mortality (both $P = 0.12$). Feed restriction improved energy and protein digestibility ($P \leq 0.013$). In restricted rabbits (71% restriction, on average) the growth rate worsened by 5% in the whole period (32-59 d), obtaining rabbits 75 g lighter at 59 d of age ($P = 0.037$), but improved feed efficiency by 12% ($P < 0.001$), with no effect on dressing out percentage (57.8% on average). Feed restriction reduced mortality: 22.5 vs. 4.0% ($P < 0.001$). No interactions were observed between XOS supplementation and feed restriction.

Keywords: Xylo-oligosaccharides, feed restriction, digestibility, growth performance, rabbit.

INTRODUCCIÓN

Los oligosacáridos que se liberan por la degradación intestinal de los hidratos de carbono estructurales podrían estar relacionados con los efectos positivos que se ha observado ejerce la fibra soluble en gazapos afectados de enteropatía (Pedersen *et al.*, 2015; Trocino *et al.*, 2013). Previamente, hemos observado como la suplementación con 7,5 g celobiosa/L combinado con un pienso bajo en fibra soluble redujo la mortalidad en un contexto de enteropatía (Ocasio-Vega *et al.*, 2018). Otros oligosacáridos como los xilooligosacáridos (XOS) han tenido un efecto positivo sobre los rendimientos productivos en broilers (Yuan *et al.*, 2018). En gazapos la suplementación con XOS en el agua de bebida (8 g/L) mejoró la velocidad de crecimiento y la eficiencia alimenticia durante el periodo que duró la suplementación (35-46 d de edad) y tendió a reducir la mortalidad en el mismo (Farias *et al.*, 2019).

Por otra parte, la restricción del consumo de alimento post-destete por encima del 80%, ha demostrado limitar la incidencia de mortalidad y mejorar la eficiencia alimenticia (Gidenne *et al.*, 2012). Sin embargo, este efecto positivo sobre la mortalidad parece que se observa especialmente durante el periodo que dura la restricción, y además niveles de restricción tan elevados limitan los rendimientos productivos de los gazapos con duraciones de cebo más cortas como en España (Gidenne *et al.*, 2009; Romero *et al.*, 2010), por lo que estrategias de restricción gradual de alimento podrían ser de interés (Birolo *et al.*, 2016). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la suplementación con XOS en agua y su posible efecto sinérgico con la restricción alimenticia sobre los rendimientos productivos de gazapos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 4 tratamientos estructurados de forma factorial: 2 niveles de xilooligosacáridos en agua (0, y 7,5 g/L) \times 2 sistemas de alimentación (*ad libitum* -AL- y restricción desde 32 a 51 d de edad -R-). Los XOS fueron suministrados durante toda la duración del experimento. El grupo restringido recibió una ración que comenzó siendo del 50% respecto al grupo *ad libitum* el día siguiente del destete y se incrementó linealmente hasta alcanzar el 100% de ingestión de los animales *ad libitum* el día 51 de edad, muy similar a lo planteado por Birolo *et al.* (2016), y los tres días siguientes se les ofreció la misma cantidad ingerida por los gazapos alimentados *ad libitum*. Desde el día 53 al día 59 los animales en restricción tuvieron libre acceso al pienso. El consumo de un grupo representativo de animales *ad libitum* (40 gazapos suplementados con y sin XOS) fue controlado diariamente para estimar la ración a proporcionar a los dos grupos restringidos. El pienso tuvo un nivel de 20,3% de PB, 34,8% FND, 9% de fibra soluble, 15,1% de almidón (sobre MS) y sin antibióticos. Un total de 236 gazapos destetados a los 32 d de edad (696 ± 120 g), se bloquearon por camada y fueron asignados al azar entre los tratamientos (54/tratamiento sin XOS y 64/tratamiento con XOS). Los gazapos fueron alojados individualmente, teniendo acceso libre al agua, y sin medicación. El consumo de pienso e incremento de peso de los animales se controló individualmente en tres momentos del cebo. El consumo de agua se controló grupalmente. Entre los 39 y 43 d de edad se determinó la digestibilidad fecal de la MS, PB y energía utilizando 36 gazapos (9/tratamiento) elegidos al azar entre los animales que formaban parte del experimento. Al final del cebo (60 d edad) 40 gazapos (10/tratamiento) fueron seleccionados al azar entre los animales que formaban parte del experimento, para la evaluar el rendimiento canal. Los datos fueron analizados mediante un modelo mixto que incluyó como factores fijos el sistema de alimentación, el nivel de XOS y las interacciones entre estos factores. El peso inicial al destete se incluyó como covariable en el análisis de la ingestión, crecimiento y eficiencia alimenticia y la camada como un efecto aleatorio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La suplementación con XOS mejoró la digestibilidad de la energía (6,2%) y proteína (9,9%) ($P \leq 0,028$. Tabla 1), efectos que no fueron observados previamente (Farias *et al.*, 2019). La reducción en la ingestión al suplementar con XOS podría explicar esta mejora de la digestibilidad (-7,6%. $P = 0,046$). Durante el periodo global de cebo también se observó una reducción de la ingestión al suplementar con XOS de un 5,2% ($P = 0,014$. Tabla 2), acompañada de una tendencia a reducirse la velocidad de crecimiento ($P = 0,12$), sin mejorar la eficiencia alimenticia. La suplementación de XOS tendió a aumentar la mortalidad ($P = 0,12$), tendencia contraria a la observada por Farias *et al.* (2019). La restricción de alimento mejoró la digestibilidad de la energía y la proteína (6,2 y 9,9%. $P \leq 0,013$). El consumo de los gazapos controlados diariamente alimentados *ad libitum* fue de 128 y 129 g/d para los grupos sin y con XOS, valores inferiores a las medias de sus respectivos grupos (Tabla 2). Por lo que en lugar de obtener una restricción del 75% esta fue del 71% de media. La restricción redujo el crecimiento (20%) y mejoró la eficiencia alimenticia (13%) ($P < 0,001$) mientras duró. De 51 a 59 d de edad los gazapos que habían estado restringidos ingirieron un 9% más y crecieron un 30% más deprisa,

mejorando un 17% la eficiencia alimenticia ($P < 0,001$). De manera global la restricción empeoró un 5% la velocidad de crecimiento ($P = 0,023$), generando gazapos 75 g más ligeros a 59 d de edad ($P = 0,037$), pero mejoró la eficiencia alimenticia un 12% ($P < 0,001$), sin modificar el rendimiento canal (57,8% de media. Tabla 3). Además, la restricción redujo la mortalidad: 22,5 vs. 4,0% ($P < 0,001$). No se observaron interacciones entre la suplementación con XOS y la restricción alimenticia.

Tabla 1. Efecto de la suplementación con xilooligosacáridos (XOS) y de la restricción alimenticia (Rest.) sobre la digestibilidad fecal aparente de 39 a 43 d de edad de conejos en crecimiento ($n = 9$).

	Tratamientos				Error XOS y Rest.	P-valor	
	- XOS		+ XOS (7,5 g/L)			XOS	Rest.
	AL	Rest.	AL	Rest.			
Peso inicial, g	1167	1007	1122	987	29,0	0,44	0,001
Consumo, g MS/d	134	104	118	102	3,06	0,046	<0,001
Digestibilidad fecal aparente, %							
Materia seca	58,9	62,4	61,2	66,0	0,89	0,019	0,006
Energía bruta	58,7	61,7	60,7	65,1	0,88	0,028	0,013
Proteína bruta	69,0	75,3	72,0	79,6	1,01	0,014	<0,001
Energía digestible, MJ/kg MS	11,2	11,7	11,5	12,4	0,17	0,029	0,013
Proteína digestible, % MS	15,0	16,3	15,6	17,3	0,22	0,014	<0,001
[proteína/energía] digestible	13,4	13,9	13,5	14,0	0,11	0,69	0,020

Tabla 2. Efecto de la suplementación con xilooligosacáridos (XOS) y de la restricción alimenticia (Rest.) sobre los rendimientos productivos de 32 a 59 d de edad en conejos en crecimiento.

N	Tratamientos ¹				Error std XOS y Rest.	P-valor	
	- XOS		+ XOS (7,5 g/L)			XOS	Rest.
	AL	Rest.	AL	Rest.			
	54	54	64	64			
32-51 d de edad							
Peso vivo 32 d, g	682	689	685	723	11,9	0,28	0,17
Velocidad crecimiento, g/d	60,1	46,7	55,3	46,0	1,21	0,11	<0,001
Consumo pienso, g/d	144	100	135	99	2,33	0,13	<0,001
Eficiencia alimenticia, g/g	0,420	0,461	0,399	0,462	0,006	0,25	<0,001
Consumo agua, ml/d	345	378	384	378	-	-	-
Mortalidad, %	13,0	1,90	17,2	4,70	-	0,29	0,001
51-59 d de edad							
Peso vivo 51 d, g	1839	1584	1748	1570	22,9	0,11	<0,001
Velocidad crecimiento, g/d	54,1	71,2	52,4	67,0	1,40	0,14	<0,001
Consumo pienso, g/d	189	204	175	192	3,22	0,006	<0,001
Eficiencia alimenticia, g/g	0,290	0,347	0,302	0,351	0,006	0,37	<0,001
Consumo agua, ml/d	598	615	615	642	-	-	-
Mortalidad, %	5,60	0,0	9,4	1,6	-	0,20	0,005
32-59 d de edad							
Peso vivo 59 d, g	2244	2153	2167	2108	25,1	0,09	0,037
Velocidad crecimiento, g/d	57,3	53,9	54,9	52,3	0,92	0,12	0,023
Consumo pienso, g/d	157	131	147	126	2,03	0,014	<0,001
Eficiencia alimenticia, g/g	0,366	0,411	0,367	0,414	0,004	0,69	<0,001
Consumo agua, ml/d	398	427	432	433	-	-	-
Mortalidad, %	18,5	1,90	26,6	6,20	-	0,12	<0,001

Tabla 3. Efecto de la suplementación con xilooligosacáridos (XOS) y de la restricción alimenticia (Rest.) sobre el rendimiento canal al final del cebo (60 d de edad) (n = 10).

	Tratamientos				Error std XOS y Rest.	P-valor	
	- XOS		+ XOS (7,5 g/L)			XOS	Rest.
	AL	Rest.	AL	Rest.			
Peso al sacrificio, g	2150	2030	2094	2069	17,8	0,75	0,007
Peso canal caliente, g	1252	1184	1201	1181	17,1	0,28	0,080
Rendimiento canal, %	57,8	58,5	57,9	57,1	0,58	0,43	0,94
Peso relativo, % PV							
Tracto digestivo	19,1	18,2	18,9	20,3	0,62	0,27	0,77
Estómago	2,91	3,48	3,34	3,79	0,14	0,069	0,014
Ciego	8,15	6,92	7,86	8,44	0,48	0,37	0,64
Hígado	3,09	4,08	3,09	3,33	0,16	0,10	0,010

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado gracias al proyecto Mineco-FEDER AGL2015-66485-R y al contrato BES-2016-076649.

BIBLIOGRAFÍA

- Birolo M., Trocino A., Zuffellato A., Xiccato G. 2016. Effect of feed restriction programs and slaughter age on digestive efficiency, growth performance and body composition of growing rabbits. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 222: 194-203.
- Farias C., Gratta F., Ocasio-Vega C., Feijoo D., Tejeiro C., Nicodemus N., Carabaño R., García J. 2019. Efecto de la suplementación con xilo-oligosacáridos en el agua de bebida y del nivel de fibra soluble del pienso sobre los parámetros productivos y digestivos en conejos en crecimiento. *Actas 44 Symposium de Cunicultura. Aranda de Duero*.
- Gidenne T., Combes S., Feugier A., Jehl N., Arveux P., Boisot P., Verdelhan S. 2009. Feed restriction strategy in the growing rabbit. 2. Impact on digestive health, growth and carcass characteristics. *Animal*, 3: 509-515.
- Gidenne T., Combes S., Fortun-Lamothe L. 2012. Feed intake limitation strategies for the growing rabbit: effect on feeding behaviour, welfare, performance, digestive physiology and health: a review. *Animal*, 6: 1407-1419.
- Ocasio-Vega C., Delgado R., Abad-Guamán R., Carabaño R., Carro M.D., Menoyo D. García J. 2018. The effect of cellobiose on the health status of growing rabbits depends on the dietary level of soluble fiber. *J. Anim. Sci.*, 96: 1806-1817.
- Pedersen M.B., Yu S., Arent S., Dalsgaard S., Bach Knudsen K.E., Lærke H.N. 2015. Xylanase increased the ileal digestibility of nonstarch polysaccharides and concentration of low molecular weight nondigestible carbohydrates in pigs fed high levels of wheat distillers dried grains with solubles. *J. Anim. Sci.*, 93: 2885-2893.
- Romero C., Cuesta S., Astillero J., Nicodemus N., De Blas C. 2010. Effect of early feed restriction on performance and health status in growing rabbits slaughtered at 2 kg live-weight. *World Rabbit Science*, 18: 211-218.
- Trocino A., García J., Carabaño R., Xiccato G. 2013. A meta-analysis on the role of soluble fibre in diets for growing rabbits. *World Rabbit Sci.*, 21:1-15.
- Yuan L., Li W., Huo Q., Du C., Wang Z., Yi B., Wang M. 2018. Effects of xyloligosaccharide and flavomycin on the immune function of broiler chickens. *PeerJ*, 6: e4435.

Efecto del tipo de almidón y del nivel de fibra soluble sobre los rendimientos productivos de gazapos en crecimiento

Effect of type of starch and level of soluble fibre on the growth performance in growing rabbits

Simbaña F., Farias C., Reyes D., Carabaño R., García-Rebollar P., Nicodemus N., García J.

Departamento de Producción Agraria, ETSI Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas, Universidad Politécnica de Madrid

*Dirección de contacto: javier.garcia@upm.es

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la suplementación de dos niveles de fibra soluble (FS) (bajo: 6,4 y alto: 10,6% MS) combinados con dos fuentes de almidón: trigo (con harina de colza) y guisante, sobre digestibilidad fecal y los rendimientos productivos de gazapos en crecimiento. Se utilizaron 160 gazapos destetados a los 25 d de edad y alojados individualmente. El incremento del nivel de fibra soluble empeoró la digestibilidad fecal de la proteína ($P < 0,001$), sin modificar la digestibilidad de la energía, lo que redujo la relación proteína digestible/energía digestible ($P = 0,007$). La sustitución de la combinación trigo-harina de colza no modificó la digestibilidad fecal de la energía y de la proteína. No se observaron interacciones entre la fibra soluble y el tipo de almidón. Los rendimientos productivos de 25 a 37 d no estuvieron afectados por la fibra soluble, pero los gazapos alimentados con los piensos con guisante consumieron un 15% más de pienso ($P = 0,002$) y tendieron a crecer más deprisa ($P = 0,085$), sin modificar su eficiencia alimenticia. En este periodo la mortalidad no estuvo afectada por los tratamientos. En el periodo global de cebo se confirmó un aumento de la ingestión de los gazapos alimentados con guisante de un 8% ($P = 0,003$), que al no mejorar la velocidad de crecimiento supuso una reducción de la eficiencia alimenticia del 7% ($P < 0,001$), mientras que la fibra soluble no alteró los rendimientos productivos. La mortalidad en el periodo global tendió a aumentar en todos los grupos menos en el de baja fibra soluble combinada con trigo ($P \leq 0,090$).

Palabras clave: fibra soluble, tipo de almidón, digestibilidad, rendimientos productivos.

ABSTRACT

The aim of this work was to study the effect of the supplementation of two levels of soluble fiber (FS) (low: 6.4 and high: 10.6% DM) combined with two sources of starch: wheat (with rapeseed meal) and pea, on faecal digestibility and growth traits of growing rabbits. We used 160 rabbits weaned at 25 d of age and housed individually. The increase in the level of soluble fibre impaired the faecal digestibility of the protein ($P < 0.001$), without modifying the digestibility of energy, which reduced the digestible protein / digestible energy ratio ($P = 0.007$). The substitution of the wheat-rapeseed meal combination did not modify the faecal digestibility of energy and protein. No interactions were observed between the soluble fibre and the type of starch. The productive yields from 25 to 37 d were not affected by the soluble fibre, but the rabbits fed with the pea feed consumed 15% more feed ($P = 0.002$) and tended to grow faster ($P = 0.085$), and did not modify their feed efficiency. In this period, mortality was not affected by the treatments. In the whole fattening period, an increase of feed intake of the rabbits fed with pea was confirmed (by 8%; $P = 0.003$), but it did not improve the growth rate, resulting in a reduction in the feed efficiency (by 7%; $P < 0.001$), whereas soluble fibre did not affect growth traits. Mortality in the global period tended to increase in all groups except for rabbits fed low soluble fiber combined with wheat ($P \leq 0.090$).

Keywords: soluble fibre, type of starch, digestibility, growth traits.

INTRODUCCIÓN

El aumento del nivel de fibra soluble ha demostrado ejercer un efecto positivo sobre los rendimientos productivos de gazapos de granjas afectadas por enteropatía (Trocino *et al.*, 2013). Además, en estas circunstancias se mejora la eficiencia alimenticia, así como la eficiencia de retención nitrogenada y energética (Delgado *et al.*,

2018). Esto podría estar asociado a un mejor metabolismo nitrogenado debido a un desvío de la excreción de nitrógeno de la orina hacia las heces (en forma de microorganismos). La utilización de un almidón con una velocidad de digestión menor y posiblemente con un nivel de fermentación mayor podría también contribuir en este sentido. Un ingrediente con estas características es el guisante, si bien tiene como inconveniente su contenido en factores antinutritivos que puede condicionar los rendimientos productivos de los gazapos (Gutiérrez *et al.*, 2002). El objetivo de este trabajo fue estudiar si un aumento del nivel de fibra soluble junto con almidón más lentamente digestible podría mejorar los rendimientos productivos de los gazapos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 4 piensos organizados factorialmente (2x2), con dos diferentes niveles de fibra soluble (FS) (bajo: 6,4 y alto: 10,6% MS) combinados con dos fuentes de almidón: trigo (combinada con harina de colza) y guisante (Tabla 1). Así se obtuvieron 4 piensos: bajo nivel de fibra soluble y trigo como fuente de almidón (BFS-T), alto nivel de fibra soluble y trigo como fuente de almidón (AFS-TP), bajo nivel de fibra soluble y guisante como tipo almidón (BFS-G), alto nivel de fibra soluble y guisante como fuente de almidón (AFS-GP). De un grupo de hembras multíparas alimentadas con los piensos experimentales previamente descritos, 160 gazapos (440 ± 27,1 g) fueron destetados a los 25 d de edad y fueron alojados individualmente (40/tratamiento) y asignados al mismo pienso de la madre. Los gazapos tuvieron acceso *ad libitum* al pienso y al agua hasta los 60 días de edad. Para determinar la digestibilidad fecal se utilizaron un total de 40 gazapos (10/tratamiento) elegidos al azar entre los animales que formaban parte del experimento. Durante un periodo de cinco días (46-51 d de edad) se recogieron diariamente las heces duras y se midió el consumo individual de cada animal (acceso *ad libitum* al pienso). Los rendimientos productivos y la digestibilidad se analizaron mediante un análisis de varianza que incluyó como factores fijos el nivel de fibra soluble y fuente de almidón, y su interacción. Además, para los rendimientos productivos se incluyó el peso inicial como covariable.

Tabla 1. Ingredientes y composición química de los piensos experimentales.

Ítem	BFS-T	AFS-TP	BFS-G	AFS-GP
Ingredientes, %				
Salvado	27	0	27	0
Pulpa de remolacha	0	16	0	16
Harina de colza	12	20	0	6
Granilla desengrasada de uva	11	12	13	14
Guisante	0	0	25	25
Trigo	15,9	18	0	2
Harina de girasol 28	10	10	10,88	12,89
Lisina	0,4	0,3	0,16	0,09
Metionina	0,15	0,2	0,16	0,19
Treonina	0,08	0,05	0,09	0,06
Triptófano	0	0,05	0,04	0,07
Fosfato monocalcico	0	0,7	0,22	0,95
Carbonato cálcico	1	0,3	1	0,3
Composición química % MS				
Proteína bruta	19,9	20,5	20,3	20,4
Fibra dietética total	43,3	46,3	43,7	47,1
Fibra neutro detergente	36,6	37,5	34,6	35,0
Fibra soluble (TDF-FND)	6,7	9,3	6,1	11,9
Almidón	17,3	11,6	17,4	12,8
Energía bruta, MJ/kg MS	19,1	18,8	18,9	18,9

BSF-T: Bajo nivel de fibra soluble, trigo como fuente de almidón. AFS-TP: alto nivel de fibra soluble, trigo como fuente de almidón. BFS-G: Bajo nivel de fibra soluble, guisante como tipo almidón. AFS-GP: Alto nivel de fibra soluble, guisante como fuente de almidón. Todos los piensos tuvieron (%): alfalfa 18,5, manteca 1, aceite de palma 1, melaza 1, sal 0,25, corrector 0,2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El incremento del nivel de fibra soluble empeoró un 8% la digestibilidad fecal de la proteína ($P < 0,001$. Tabla 2), sin modificar la digestibilidad de la energía, lo que redujo la relación proteína digestible/energía digestible ($P = 0,007$), que es un resultado más acentuado al observado por Delgado *et al.* (2018). Como era esperado, el incremento de fibra soluble mejoró un 15% la digestibilidad de la fibra neutro detergente ($P = 0,050$). La sustitución de la combinación trigo-harina de colza por guisante solo modificó la digestibilidad fecal de la fibra neutro detergente que empeoró un 15% ($P = 0,029$), sin modificar la digestibilidad de la energía y de la proteína. No se observaron interacciones entre la fibra soluble y el tipo de almidón.

Los rendimientos productivos de 25 a 37 d no estuvieron afectados por la fibra soluble, pero los gazapos alimentados con los piensos con guisante consumieron un 15% más de pienso ($P = 0,002$) y tendieron a crecer más deprisa ($P = 0,085$), sin modificar su eficiencia alimenticia (Tabla 3). En este periodo la mortalidad no estuvo afectada por los tratamientos. En la fase final del cebo (37-60 d) todos los grupos crecieron de manera similar (50,5 g/d de media). En este periodo, el incremento de la fibra soluble redujo el consumo un 6% ($P = 0,030$), lo que tendió a mejorar la eficiencia alimenticia ($P = 0,083$), si bien esto no se reflejó en efecto alguno de la fibra soluble sobre los rendimientos productivos en el periodo global de cebo. Los gazapos alimentados con guisante tendieron a consumir más en la segunda fase de cebo ($P = 0,077$), sin afectar a la eficiencia alimenticia. Así, en el periodo global de cebo se confirmó un aumento de la ingestión de los gazapos alimentados con guisante de un 8% ($P = 0,003$), que al no mejorar la velocidad de crecimiento supuso una reducción de la eficiencia alimenticia del 7% ($P < 0,001$). La mortalidad en la segunda fase de cebo y en el periodo global tendió a aumentar en todos los grupos menos en el baja fibra soluble combinada con trigo ($P = 0,090$ y $0,053$), resultado que difiere de los obtenidos previamente (Trocino *et al.*, 2013) y que sugiere que otros factores podrían estar influyendo como la presencia de factores antinutritivos (sin determinar), el flujo de proteína al ciego, etc.

Tabla 2. Efecto del nivel de fibra soluble y fuente de almidón sobre la digestibilidad fecal aparente de gazapos en crecimiento de 46 a 51 d de edad.

	Pienso				SEM		P-valor		
	Trigo		Guisante		FS y ALM	FS × ALM	FS	ALM	FS × ALM
	BFS-T	AFS-TP	BFS-G	AFS-GP					
Peso inicial	1557	1461	1518	1538	34,5	48,8	0,43	0,69	0,24
Consumo, g MS/d	146	128	140	142	4,14	5,86	0,17	0,54	0,10
Digestibilidad fecal, %									
MS	60,5	60,7	60,1	58,8	0,65	0,92	0,52	0,22	0,42
EB	60,4	59,7	59,6	58,0	0,63	0,89	0,23	0,17	0,63
PB	63,8	59,9	63,9	57,2	0,97	1,37	< 0,001	0,34	0,32
FND	28,6	32,9	24,2	28,1	1,42	2,00	0,050	0,029	0,94
ED, MJ/kg MS	11,5	11,2	11,2	10,9	0,12	0,17	0,088	0,13	0,93
PBd, % MS	10,4	9,9	10,5	9,9	0,16	0,23	0,004	0,87	0,43
PBd/ED, g/MJ	9,0	8,8	9,4	8,8	0,10	0,14	0,007	0,20	0,23

BSF-T: Bajo nivel de fibra soluble, trigo como fuente de almidón. AFS-TP: alto nivel de fibra soluble, trigo como fuente de almidón. BFS-G: Bajo nivel de fibra soluble, guisante como tipo almidón. AFS-GP: Alto nivel de fibra soluble, guisante como fuente de almidón. N = 9.

Tabla 3. Efecto del nivel de fibra soluble y fuente de almidón sobre los rendimientos productivos de gazapos en crecimiento

	Piensos				SEM		P-valor		
	Trigo		Guisante		FS y ALM	FS × ALM	FS	ALM	FS ALM
	BFS-T	AFS-TP	BFS-G	AFS-GP					
Peso inicial 25 d, g	436	432	447	445	12,1	17,1	0,84	0,48	0,95
25-37 d edad									
Ganancia de peso, g/d	45,0	44,2	49,4	48,6	1,80	2,54	0,74	0,085	0,99
Consumo, g/d	74,6	78,6	86,4	93,2	2,98	4,21	0,20	0,002	0,73
Eficacia alimenticia, g/g	0,603	0,585	0,569	0,553	0,019	0,026	0,53	0,22	0,95
Mortalidad,%	2,5	2,5	0,00	5,0	--	--	0,18	0,41	0,18
37-60 d edad									
Ganancia de peso, g/d	51,4	50,4	49,0	49,4	1,29	1,83	0,87	0,35	0,72
Consumo, g/d	159	145	164	157	3,32	4,69	0,030	0,077	0,48
Eficacia alimenticia, g/g	0,327	0,350	0,303	0,330	0,010	0,014	0,083	0,13	0,90
Mortalidad,%	10,0	32,5	27,5	25,0	--	--	0,090	0,28	0,090
25-60 d edad									
Peso 60 d, g	2162	2131	2161	2161	31,3	44,4	0,72	0,75	0,72
Ganancia de peso, g/d	49,2	48,3	49,1	49,1	0,90	1,27	0,72	0,75	0,72
Consumo, g/d	130	122	137	135	2,34	3,31	0,13	0,003	0,42
Eficacia alimenticia, g/g	0,381	0,397	0,362	0,365	0,005	0,0073	0,21	<0,001	0,41
Mortalidad,%	12,5	35,0	27,5	30,0	--	--	0,053	0,32	0,053

BFS-T: Bajo nivel de fibra soluble, trigo como fuente de almidón. AFS-TP: alto nivel de fibra soluble, trigo como fuente de almidón. BFS-G: Bajo nivel de fibra soluble, guisante como tipo almidón. AFS-GP: Alto nivel de fibra soluble, guisante como fuente de almidón.

BIBLIOGRAFÍA

Delgado R., Nicodemus N., Abad-Guamán R., Sastre J., Menoyo D., Carabaño R., García J.. 2018. *Effect of dietary soluble fibre and n-6/n-3 fatty acid ratio on growth performance and nitrogen and energy retention efficiency in growing rabbits. Anim. Feed Sci. Technol., 239: 44-54.*

Gutiérrez I., Espinosa A., García J., Carabaño R., De Blas J.C. 2002. *Effects of starch and protein sources, heat processing, and exogenous enzymes in starter diets for early weaned rabbits. Anim. Feed Sci. Technol., 98: 175-186.*

Trocino A., García J., Carabaño R., Xiccato G. 2013. *A meta-analysis on the role of soluble fibre in diets for growing rabbits. World Rabbit Sci., 21: 1-15.*

PATOLOGÍA

Como afecta la selección genética por velocidad de crecimiento a las poblaciones leucocitarias de las hembras reproductoras de una línea paternal

Moreno-Grúa E., Pérez-Fuentes S., Muñoz-Silvestre A., Viana D., Selva L., Arnau-Bonachera A., Martínez-Paredes E., Marín-García P., Pascual J.J., Corpa J.M.

Efecto de la selección genética por velocidad de crecimiento en la respuesta inmune ante un desafío infeccioso por *Staphylococcus aureus*

Moreno-Grúa E., Pérez-Fuentes S., Muñoz-Silvestre A., Viana D., Selva L., Arnau-Bonachera A., Martínez-Paredes E., Marín-García P., Pascual J.J., Corpa J.M.

Detección de *Staphylococcus aureus* en conejos silvestres

Pérez-Fuentes S., Moreno-Grúa E., Viana D., Selva L., Lizana V., Cardells J., Corpa J.M.

***Bacteroides fragilis* enteropatógeno: ¿Enfermedad emergente o hallazgo clínico?**

Malo M.

Comunicación de un caso de tuberculosis en una granja de conejos

Martín Lorente E., Comenge Gracia J.

Como afecta la selección genética por velocidad de crecimiento a las poblaciones leucocitarias de las hembras reproductoras de una línea paternal

How genetic selection affects growth rates in leukocyte populations of breeding females of a parental line

Moreno-Grúa E.¹, Pérez-Fuentes S.¹, Muñoz-Silvestre A.¹, Viana D.¹, Selva L.¹, Arnau-Bonachera A.¹, Martínez-Paredes E.², Marín-García P.², Pascual J.J.², Corpa J.M.¹

¹ Dept. de Producción y Sanidad Animal (PASAPTA), Universidad Cardenal Herrera CEU, C/ Tirant lo Blanc 7, 46115 Alfara del Patriarca (Valencia), España

² Dpto. de Ciencia Animal, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural, Universidad Politécnica de Valencia, Edificios 3P 3H, Camí de Vera s/n, 46022 Valencia, España

*Dirección de contacto: elena.moreno3@uchceu.es

RESUMEN

La selección por diferentes parámetros productivos (generalmente reproductivos y de ganancia de peso) que se realiza en las diferentes líneas de conejos es esencial para mejorar la productividad de las granjas. Sin embargo, al hacer selección por unos parámetros, se pueden estar seleccionando otros aspectos que pueden afectar negativamente a la productividad o al estado sanitario de los animales. En este estudio, se evaluó cómo afecta la selección por ganancia media diaria (GMD) a las poblaciones inmunitarias de las hembras reproductoras de una línea paternal (línea R) durante el inicio de su vida productiva en condiciones normales de producción. Para ello se extrajo sangre de dos grupos de conejas de la línea R separadas por 15 generaciones de selección en la primera inseminación, primer y segundo parto, y primer y segundo destete, para evaluar las poblaciones leucocitarias mediante citometría de flujo. No se observaron diferencias significativas en ninguno de los parámetros analizados entre los dos grupos. Sin embargo, durante el inicio de la vida productiva de los dos grupos de conejas, desde el momento de la primera inseminación hasta el segundo destete, se observó una disminución de los linfocitos T totales, CD4+ y CD8+, y un aumento de los granulocitos, linfocitos B y del ratio granulocitos/linfocitos. Por lo tanto, los resultados de este estudio indican que la selección por GMD no ha afectado a la inmunidad de las conejas de la línea R durante su ciclo productivo.

Palabras clave: línea paternal, ganancia media diaria, selección, sistema inmunitario, citometría de flujo.

ABSTRACT

The selection by different productive parameters (generally reproductive and weight gain) that is carried out in the different lines of rabbits is essential to improve the productivity of the farms. However, when some parameters are selected, other aspects could be selected that may negatively affect the productivity or sanitary status of the animals. In this study, it was evaluated how the selection by average daily gain (ADG) affects the immune populations of the breeding females of a parental line (R line) during the beginning of their productive life under normal production conditions. To do this, blood was drawn from two groups of rabbits from the R line separated by 15 generations of selection in the first insemination, first and second parturition, and first and second weaning, to evaluate leukocyte populations by flow cytometry. No significant differences were observed in any of the parameters between the two groups. However, during the beginning of the productive life of the two groups of rabbits, from the time of the first insemination to the second weaning, a decrease in total T lymphocytes, CD4 + and CD8 +, and an increase in granulocytes, B lymphocytes and the granulocyte

/ lymphocyte ratio, were observed. Therefore, the results of this study indicate that the ADG selection has not affected the immunity of the R-line rabbits during their productive cycle.

Keywords: paternal line, average daily gain, selection, immune system, flow cytometry.

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales objetivos en producción animal es el mantenimiento de un equilibrio entre la productividad y la salud de los animales. Tradicionalmente la selección genética ha buscado mejorar los caracteres productivos con mayor incidencia económica. Sin embargo, seleccionar animales únicamente por criterios productivos puede tener consecuencias negativas sobre parámetros reproductivos o relacionados con la salud de los animales (Rauw *et al.*, 1998).

Por otra parte, el uso de la citometría de flujo para la evaluación del sistema inmunitario de los conejos está mucho menos extendido que en otras especies por la limitación en los anticuerpos monoclonales (mAbs) existentes para esta especie. Sin embargo, cada vez más estudios demuestran su utilidad para el uso del conejo como animal de investigación (Davis y Hamilton, 2008), para el estudio de enfermedades que afectan al conejo (Guerrero *et al.*, 2011) y para la comparación de diferentes líneas de conejos seleccionadas en base a diferentes parámetros productivos (Ferrian *et al.*, 2012).

La línea R (Rosa) es una línea paternal seleccionada durante 25 generaciones por la ganancia media diaria de los gazapos entre la 4ª y la 9ª semanas de vida.

La hipótesis de este trabajo es que la selección por GMD que se ha realizado en la línea R ha afectado negativamente al estatus inmunológico de las conejas en producción, lo cual afectaría directamente a la productividad de las granjas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo se evaluaron 81 conejas en edad productiva pertenecientes a la línea R, pero de dos generaciones diferentes: el primer grupo de 43 conejas pertenecían a la generación 18, obtenidas por vitrificación (VR18). El segundo grupo de 38 conejas pertenecían a la generación actual de selección (VR36), que fueron también vitrificadas para eliminar este efecto. Se extrajo sangre de la arteria central de la oreja para llevar a cabo estudios de citometría y hematología en momentos señalados del ciclo productivo de las conejas: primera inseminación artificial (1IA), a las 19 semanas de vida de las conejas; primer parto (1P); primer destete (1D); segundo parto (2P) y segundo destete (2D). Mediante citometría de flujo se evaluaron parámetros del sistema inmunitario adaptativo como ha descrito previamente nuestro grupo (Guerrero *et al.*, 2011), marcando los siguientes antígenos celulares: CD5, IgM, CD4, CD8, CD25, CD14, CD18, CD45, siguiendo las recomendaciones del fabricante. Marcando estos antígenos se obtuvieron recuentos de las siguientes poblaciones celulares: linfocitos B y células plasmáticas (CD45+ e IgM+), linfocitos T activados (CD45+, CD5+ y CD25+), linfocitos T citotóxicos (CD45+, CD5+ y CD8+), linfocitos T colaboradores (CD45+, CD5+ y CD4+), granulocitos (CD14+ y CD45+) y monocitos (CD14+ y CD45+). Además mediante un analizador hematológico se evaluaron los siguientes parámetros sanguíneos: leucocitos (WBC), hematocrito (HCT), hemoglobina (HGB), plaquetas (PLT) y recuento de glóbulos rojos (RBC). Por último, se envió suero de las conejas a un laboratorio de referencia para medición de haptoglobina. Los datos obtenidos para cada variable fueron evaluados estadísticamente con un modelo lineal generalizado (Proc GLM, SAS) en el que se incluyeron los efectos número de generación (2 niveles; VR18, VR36), tiempo de muestro (5 niveles; 1IA, 1P, 1D, 2P, 2D) y su interacción. Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética y Bienestar Animal de la Universidad Politécnica de Valencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se encontraron diferencias significativas en ninguno de los parámetros estudiados entre los dos grupos de conejas separados por 18 generaciones de selección (Tabla 1).

En un estudio en el que se compararon las diferentes poblaciones de leucocitos en sangre de tres líneas de conejos seleccionadas por diferentes parámetros, la línea paternal R mostró unos recuentos menores de linfocitos totales, linfocitos B, linfocitos T CD5+, linfocitos T CD4+, linfocitos T CD8+, linfocitos T CD25+, ratio CD4+/CD8+, monocitos y granulocitos (García-Quirós *et al.*, 2014). El estudio anterior parece indicar que la línea R presenta unos recuentos leucocitarios inferiores a otras líneas genéticas seleccionadas en base

Tabla 1. Parámetros estudiados para los dos grupos de conejas.

	VR18	VR36	EEM	P valor
Recuento de leucocitos 106/L				
CD25+	1.298	1.221	0.059	0.359
CD4+	2.827	2.815	0.020	0.681
CD8+	2.352	2.291	0.033	0.190
Granulocitos	3.621	3.626	0.017	0.822
Linfocitos B	0.406	0.508	0.070	0.319
Linfocitos T	3.069	3.046	0.020	0.426
Linfocitos totales	3.391	3.371	0.019	0.453
Monocitos	2.487	2.500	0.044	0.837
CD4+/CD8+	3.310	4.019	0.280	0.078
Gran/Lin	2.073	2.200	0.138	0.516
Leucocitos (103/μL)	0.969	0.959	0.010	0.465
Hematocrito (%)	34.61	34.37	0.373	0.646
Hemoglobina (g/dL)	11.41	11.27	0.149	0.504
Plaquetas (103/μL)	293.1	282.6	9.233	0.420
Glóbulos rojos (106/μL)	5.230	5.312	0.059	0.328
Haptoglobina (mg/ml)	-0.443	-0.467	0.025	0.507

VR18: Grupo de conejas de la generación 18 obtenidas por vitrificación; VR 36: Grupo de conejas de la generación actual de selección obtenidas por vitrificación; EEM: error estándar agrupado de las medias.

a otros parámetros. Sin embargo, el hecho de no haber encontrado diferencias entre los grupos separados 15 generaciones de selección, parece indicar que la selección genética no ha sido la causa. No obstante, en un estudio previo llevado a cabo por nuestro grupo de investigación en el que se comparaban generaciones diferentes de conejos pertenecientes a la línea V seleccionada por el tamaño de camada al destete, se demostró que la selección por parámetros reproductivos puede afectar a las poblaciones de linfocitos sanguíneos (Ferrian *et al.*, 2012). Por tanto, parece ser que la selección por parámetros productivos puede afectar al estatus inmunológico de las hembras reproductoras, pero en el caso concreto de la selección genética por velocidad de crecimiento no lo está haciendo.

Sí que se encontraron diferencias significativas al evaluar los diferentes parámetros durante el inicio de la vida productiva de las conejas de los dos grupos, desde el momento de la primera inseminación hasta el segundo destete (Tabla 2). En general, conforme avanza el ciclo productivo de las conejas, se produce una disminución de los linfocitos totales, de los linfocitos T CD4+ y de los linfocitos T CD8+, y un aumento de los granulocitos y linfocitos B. De acuerdo con estos resultados, se observa un aumento global del ratio granulocitos/linfocitos, debido al aumento de la proporción de granulocitos en comparación con los linfocitos conforme las conejas alcanzan una mayor edad. Se observa también un aumento puntual en los linfocitos totales y, en especial, de los linfocitos T y todas sus subpoblaciones (CD25+, CD4+ y CD8+) en el momento del segundo parto, a pesar de que estos han ido disminuyendo desde la segunda inseminación artificial.

En cuanto a los resultados del contador hematológico, las conejas mostraron en los momentos de primer y segundo parto un mayor recuento de leucocitos, y menores valores de hematocrito, hemoglobina y recuento de glóbulos rojos. Esto podría ser debido a la pérdida de sangre que se produce en el momento del parto y a que en este momento el sistema inmunitario está más activo debido al propio desafío inmunitario que supone el parto, y al inicio de la lactación y aporte de inmunidad maternal a los gazapos.

No se observaron diferencias en la presencia de haptoglobina en el plasma en ninguno de los momentos. La haptoglobina es una proteína plasmática que puede aumentar en procesos inflamatorios, pero puede verse aumentada o disminuida por otros motivos como la gestación o la hemólisis intravascular, por lo que

Tabla 2. Parámetros estudiados en las conejas durante su ciclo productivo.

	Tiempo (t),						P valor	
	1IA	1P	1D	2P	2D	SEM	t	Gxt
Recuento de leucocitos 10⁶/L								
CD25+	1.277 ^{ab}	1.198 ^a	1.169 ^a	1.369 ^b	1.285 ^{ab}	0.068	0.166	0.266
CD4+	2.894 ^d	2.829 ^{bc}	2.742 ^a	2.872 ^{cd}	2.768 ^b	0.025	<0.001	0.483
CD8+	2.519 ^c	2.280 ^{ab}	2.234 ^a	2.342 ^b	2.232 ^a	0.035	<0.001	0.927
Granulocitos	3.445 ^a	3.658 ^c	3.598 ^b	3.684 ^{cd}	3.734 ^d	0.020	<0.001	0.912
Linfocitos B	0.847 ^c	0.586 ^b	0.238 ^a	0.289 ^a	0.324 ^{ab}	0.074	<0.001	0.434
Linfocitos T	3.191 ^c	3.062 ^b	2.971 ^a	3.096 ^b	2.966 ^a	0.026	<0.001	0.432
Linfocitos totales	3.441 ^b	3.395 ^b	3.309 ^a	3.434 ^b	3.328 ^a	0.021	<0.001	0.139
Monocitos	2.228 ^a	2.501 ^b	2.465 ^b	2.570 ^{bc}	2.704 ^c	0.063	<0.001	0.889
CD4+/CD8+	2.814 ^a	4.181 ^b	3.806 ^b	3.830 ^b	3.692 ^b	0.316	0.004	0.228
Gran/Lin	1.213 ^a	2.187 ^b	2.156 ^b	2.249 ^b	2.878 ^c	0.162	<0.001	0.158
Leucocitos								
(10 ³ /μL)	0.900 ^a	0.993 ^{bc}	0.915 ^a	1.019 ^c	0.994 ^c	0.011	<0.001	0.797
Hematocrito (%)	37.91 ^d	34.46 ^b	35.82 ^c	31.55 ^a	32.70 ^a	0.446	<0.001	0.099
Hemoglobina (g/dL)	12.42 ^c	11.50 ^b	11.79 ^b	10.36 ^a	10.61 ^a	0.175	<0.001	0.298
Plaquetas (10 ³ /μL)	278.4 ^a	280.9 ^a	286.7 ^{ab}	285.6 ^{ab}	307.5 ^b	9.999	0.158	0.956
Glóbulos rojos								
(10 ⁶ /μL)	5.740 ^c	5.241 ^b	5.334 ^b	4.983 ^a	5.055 ^a	0.070	<0.001	0.521
Haptoglobina								
(mg/ml)	-0.491	-0.471	-0.456	-0.386	-0.471	0.044	0.507	0.719

VR18: Grupo de conejas de la generación 18 obtenidas por vitrificación; VR 36: Grupo de conejas de la generación actual de selección obtenidas por vitrificación; EEM: error estándar agrupado de las medias. a, b, c, d Las medias que no comparten el superíndice dentro de un efecto fueron significativamente diferentes (P <0.05).

es bastante inespecífica. Sin embargo, en otros estudios, sí se ha observado un aumento de esta proteína al inducir una respuesta de fase aguda en el sistema inmunitario (Ferrian *et al.*, 2013). Esto puede deberse a que en el estudio de Ferrian *et al.* se indujo una respuesta inmunitaria de fase aguda, y en este trabajo el sistema inmunitario se encuentra en un estado basal y al no haber un proceso inflamatorio, no se ve afectado el parámetro de la haptoglobina.

Por tanto, los resultados mostrados en el presente trabajo indican que la selección genética por velocidad de crecimiento no parece haber afectado al estatus inmunológico de las hembras durante el inicio de su vida productiva. Es decir, este estudio sugiere que el peor estatus observado en animales de esta línea genética comparada con otras no es debido a la estrategia utilizada durante la selección de estos animales.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio ha sido financiado gracias al Ministerio de Economía y Competitividad (AGL2014-53405-C2-2-P), a la Generalitat Valenciana (contrato predoctoral Sara Pérez ACIF/2016/085), al Ministerio de Educación y Formación Profesional (contrato predoctoral Elena Moreno FPU17/02708) y a la Universidad CEU Cardenal Herrera (INDI 18/08 y contrato predoctoral Sara Pérez). Así mismo, agradecer a todas las personas que han colaborado en la realización de este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

Davis W.C., Hamilton M.J. 2008. Use of flow cytometry to develop and characterize a set of monoclonal antibodies specific for rabbit leukocyte differentiation molecules. *Journal of Veterinary Science*, 9(1): 51-66.

- Ferrian S., Blas E., Larsen T., Sánchez J.P., Friggens N.C., Corpa J.M., Baselga M., Pascual J.J. 2013. *Comparison of immune response to lipopolysaccharide of rabbit does selected for litter size at weaning or founded for reproductive longevity.* *Research in Veterinary Science*, 94(3): 518-525.
- Ferrian S., Guerrero I., Blas E., García-Diego F.J., Viana D., Pascual J.J., Corpa J.M. 2012. *How selection for reproduction or foundation for longevity could have affected blood lymphocyte populations of rabbit does under conventional and heat stress conditions.* *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 150(1-2): 53-60.
- García-Quirós A., Arnau-Bonachera A., Penadés M., Cervera C., Martínez-Paredes E., Ródenas L., Selva L., Viana D., Corpa J.M., Pascual J.J. 2014. *A robust rabbit line increases leucocyte counts at weaning and reduces mortality by digestive disorder during fattening.* *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 161(3-4): 123-31.
- Geba D.J., Uhl J.R., Gustafsson C.A., Persing D.H. 1994. *Multiplex PCR for identification of methicillin-resistant staphylococci in the clinical laboratory.* *Journal of Clinical Microbiology*, 32(7): 1768-1772.
- Guerrero I., Ferrian S., Blas E., Pascual J.J., Cano J.L., Corpa J.M. 2011. *Evolution of the peripheral blood lymphocyte populations in multiparous rabbit does with two reproductive management rhythms.* *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 140(1-2): 75-81.
- Rauw W.M., Kanis E., Noordhuizen-Stassen E.N., Grommers F. 1998. *Undesirable side effects of selection for high production efficiency in farm animals: a review.* *Livestock Production Science*, 56: 15-33.

Efecto de la selección genética por velocidad de crecimiento en la respuesta inmune ante un desafío infeccioso por *Staphylococcus aureus*

Effect of genetic selection by growth rate on the immune response to an infectious challenge due to Staphylococcus aureus

Moreno-Grúa E.^{1*}, Pérez-Fuentes S.¹, Muñoz-Silvestre A.¹, Viana D.¹, Selva L.¹, Arnau-Bonachera A.¹, Martínez-Paredes E.², Marín-García P.², Pascual J.J.², Corpa J.M.¹

¹ Dept. de Producción y Sanidad Animal (PASAPTA), Universidad Cardenal Herrera CEU, C/ Tirant lo Blanc 7, 46115 Alfara del Patriarca (Valencia), España

² Dpto. de Ciencia Animal, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural, Universidad Politécnica de Valencia, Edificios 3P 3H, Camí de Vera s/n, 46022 Valencia, España

*Dirección de contacto: elena.moreno3@uchceu.es

RESUMEN

Las líneas paternas de conejos, que se seleccionan por velocidad de crecimiento, muestran una elevada incidencia a enfermedades en comparación con otras líneas. Este trabajo pretende evaluar cómo ha afectado la selección por ganancia media diaria (GMD) al sistema inmunitario de los conejos cuando éste se enfrenta a un reto infeccioso, mediante una infección experimental con la bacteria *Staphylococcus aureus*. Para ello se establecieron 3 grupos de animales; uno con conejas de hace 15 generaciones de selección obtenido por vitrificación (VR18), otro con conejas de la generación actual obtenido por vitrificación (VR36) y el tercero con conejas de la generación actual sin vitrificar (R36) para conocer el efecto de la vitrificación sobre los parámetros a estudiar. La infección experimental se mantuvo durante 7 días tras la inoculación de la bacteria, se evaluaron y midieron diariamente las lesiones y se extrajo sangre a 0, 1, 3 y 7 días post inoculación para evaluar las poblaciones leucocitarias mediante citometría de flujo. Los resultados mostraron menor número de animales con lesiones y menores recuentos de linfocitos en el grupo VR36 en comparación con el grupo VR18. Se puede concluir que la selección genética por velocidad de crecimiento no parece haber afectado al estatus inmunológico de las hembras reproductoras a edad de primera inseminación artificial al enfrentarse a un reto infeccioso con *S. aureus*.

Palabras clave: línea paternal, ganancia media diaria, *Staphylococcus aureus*, sistema inmunitario, citometría de flujo.

ABSTRACT

The paternal lines of rabbits, which are selected by growth rate, show a high incidence to diseases in comparison with other lines. This work aims to evaluate how the selection for average daily gain (ADG) has affected the immune system of rabbits when they face an infectious challenge, through an experimental infection with the bacterium *Staphylococcus aureus*. For this, 3 groups of animals were established; one with rabbits of 15 generations of selection prior to the current generation obtained by vitrification (VR18), another with rabbits of the current generation obtained by vitrification (VR36) and the third with rabbits of the current generation without vitrifying (R36) to know the effect of vitrification on the parameters to study. The experimental infection was maintained for 7 days after inoculation of the bacteria, the lesions were evaluated and measured daily and blood was extracted at 0, 1, 3 and 7 days post inoculation to evaluate leukocyte populations by flow cytometry. The results showed a lower number of animals with lesions and lower lymphocyte counts in the VR36 group compared to the VR18 group. It can be concluded that the genetic selection by growth rate does not seem to have affected the immunological status of breeding females at the age of first artificial insemination when faced with an infectious challenge with *S. aureus*.

Keywords: paternal line, average daily gain, selection, immune system, flow cytometry.

INTRODUCCIÓN

Actualmente las líneas seleccionadas por tasa de crecimiento se caracterizan por una alta ganancia media diaria (GMD) y mayor peso vivo adulto. Sin embargo, estudios recientes han descrito que tienen un rendimiento reproductivo reducido (Estany *et al.*, 1992; Gómez *et al.*, 1998; Vicente *et al.*, 2012), y también una elevada incidencia de enfermedades, a pesar de tener una condición corporal de media más elevada (Sánchez *et al.*, 2012). Esta predisposición para padecer enfermedades puede deberse a que la selección por GMD de estas líneas afecta indirectamente a la capacidad del sistema inmunitario de enfrentarse a los patógenos, aunque la situación basal de este sistema inmunitario no se viese afectada.

La vitrificación de embriones es una técnica que consiste en el enfriamiento muy rápido de embriones hasta bajas temperaturas para mantenerlos viables durante largos periodos de tiempo. La crioconservación de embriones se puede utilizar como una herramienta para la creación de bancos de recursos genéticos para la conservación de la biodiversidad en la cría de animales y productos de laboratorio (transgénicos, clones) y protección contra pérdidas causadas por enfermedades o peligros; además desde un punto de vista genético, la crioconservación de cepas puras es útil para establecer poblaciones de control para estudiar la deriva genética y la ganancia cuando se aplican los programas de selección (García y Baselga, 2002).

Por otra parte, uno de los agentes que más frecuentemente produce lesiones en los conejos de producción es la bacteria *Staphylococcus aureus*, y entre las más habituales se encuentran los abscesos (Corpa *et al.*, 2010). Para llevar a cabo este estudio, se seleccionó la cepa J salvaje de *S. aureus*, la cual presenta genotipo A1/II1/δ que es el más frecuentemente aislado en conejos, se considera de elevada virulencia y está muy bien adaptada al conejo (Viana *et al.*, 2007). Por ello, es un modelo útil para reproducir experimentalmente lesiones en conejos similares a las que ocurren en las granjas. Por tanto, este trabajo pretende evaluar si la selección por GMD que se ha realizado en la línea R (Rosa) ha afectado respuesta del sistema inmunitario cuando éste se enfrenta a un reto infeccioso con una cepa salvaje de *Staphylococcus aureus*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo se evaluaron 100 conejas pertenecientes a la línea R a las 19 semanas de vida (la edad a la que se suele realizar la primera inseminación). Estas conejas pertenecían a 3 grupos de animales: el primer grupo de 39 conejas pertenecientes a la generación 18 de selección, obtenidas por vitrificación (VR18). El segundo grupo de 33 conejas pertenecía a la generación 36 de selección, que fueron también vitrificadas para eliminar este efecto (VR36). El tercer grupo de 28 conejas pertenecientes a la generación 36 de selección sin vitrificar para observar el efecto de la vitrificación (R36). Se realizó una infección intradérmica experimental en la zona lumbar con la bacteria *S. aureus*, inoculándose por duplicado 300 unidades formadoras de colonia (UFC) de una cepa natural obtenida de una infección de conejo (cepa J). La infección se mantuvo hasta el día 7 post infección, y durante la misma se realizaron mediciones diarias de las lesiones y se extrajo sangre de la arteria central de la oreja los días 0, 1, 3 y 7 tras la infección, para llevar a cabo estudios de citometría y hematología. Mediante citometría de flujo se evaluaron parámetros del sistema inmunitario adaptativo como ha descrito previamente nuestro grupo (Guerrero *et al.*, 2011), marcando los siguientes antígenos celulares: CD5, IgM, CD4, CD8, CD25, CD14, CD18, CD45, siguiendo las recomendaciones del fabricante. Marcando estos antígenos se obtuvieron recuentos de las siguientes poblaciones celulares: linfocitos B y células plasmáticas (CD45+ e IgM+), linfocitos T activados (CD45+, CD5+ y CD25+), linfocitos T citotóxicos (CD45+, CD5+ y CD8+), linfocitos T colaboradores (CD45+, CD5+ y CD4+), granulocitos (CD14+ y CD45+) y monocitos (CD14+ y CD45+). Por último, mediante un analizador hematológico se evaluaron los siguientes parámetros sanguíneos: leucocitos (WBC), hematocrito (HCT), hemoglobina (HGB), plaquetas (PLT) y recuento de glóbulos rojos (RBC). Los datos obtenidos para cada variable cuantitativa fueron evaluados estadísticamente con un modelo lineal (Proc GLM, SAS). Los datos obtenidos para cada variable cualitativa fueron evaluados estadísticamente con un modelo lineal generalizado (Proc GENMOD, SAS). Ambos tipos de modelos incluyeron el efecto del grupo de animales (3 niveles; VR18, R36 y V36) y el tiempo post-infección (4 niveles; 0, 1, 3, 7).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 presenta los resultados de las lesiones tras la inoculación de la bacteria *S. aureus* en los tres grupos de conejas. Comparando los dos grupos de conejas que se han obtenido por vitrificación, el grupo de conejas VR36 resultó menos infectado que el grupo de conejas VR18 a los 7 días tras la inoculación. Esto se observa porque en el grupo VR36 hay un menor número de conejas que desarrollan eritemas, inflamación y

nódulos, y además el área de los eritemas y de las necrosis es menor. Entre los dos grupos de la generación actual, obtenida por vitrificación (VR36) y no vitrificada (R36), la presencia de nódulos fue significativamente superior en el grupo R36, y no hubo diferencias significativas destacables entre ambos grupos en el resto de parámetros.

Como se observa en la Tabla 2, analizando los datos obtenidos por citometría de flujo, el grupo de las conejas VR18 presentó unos recuentos de linfocitos totales, linfocitos T, linfocitos CD25+, CD4+ y CD8+ ($P<0.05$), significativamente superiores a los del grupo de conejas VR36. Sin embargo, los valores de linfocitos B resul-

Tabla 1. Lesiones producidas en cada grupo de conejas tras 7 días de inoculación de *Staphylococcus aureus*.

	VR18	VR36	R36	EEM	p valor
Eritema (%)	28.1 ^b	19.1 ^a	13.5 ^a	-	<0.001
Área Eritema (mm)	0.511	0.466	0.591	0.137	0.675
Inflamación (%)	15.1 ^b	8.6 ^a	10.2 ^{ab}	-	0.011
Nódulo (%)	31.1 ^b	20.7 ^a	37.7 ^c	-	<0.001
Área Necrosis (mm)	0.705	0.440	0.694	0.135	0.053
Necrosis (%)	2.8	2.4	2.5	-	0.934
Cráter (%)	2.1	2.0	2.3	-	0.954

VR18: Grupo de conejas de la generación 18 obtenidas por vitrificación; VR 36: Grupo de conejas de la generación actual de selección obtenidas por vitrificación; R36: Grupo de conejas de la generación actual de selección sin vitrificar; EEM: error estándar agrupado de las medias (no se presenta en las variables cualitativas analizadas con PROC GENMOD, SAS).

taron superiores en el grupo VR36 ($P<0.05$) y no hubo diferencias en los recuentos de granulocitos entre los dos grupos. En cuanto a los parámetros sanguíneos medidos con un analizador hematológico, las conejas del grupo VR18 presentaron unos recuentos de plaquetas superiores y un menor número de hematíes en comparación con las conejas del grupo VR36 ($P<0.05$), y no hubo diferencias significativas entre estos dos grupos en el recuento de leucocitos, hematocrito y hemoglobina. Estos datos parecen indicar que el grupo de conejas VR18 presenta una respuesta inflamatoria de tipo celular superior a la desarrollada por el grupo de conejas VR36.

En un estudio en el que se compararon las diferentes poblaciones de leucocitos en sangre de tres líneas de conejos seleccionadas por diferentes parámetros, la línea paternal R mostró recuentos menores de linfocitos totales, linfocitos B, linfocitos T CD5+, linfocitos T CD4+, linfocitos T CD8+, linfocitos T CD25+, ratio CD4+/CD8+, monocitos y granulocitos (García-Quirós *et al.*, 2014). El estudio de García-Quirós *et al.* sugiere que la selección por velocidad de crecimiento que ha ocurrido en la línea paternal R ha afectado al sistema inmunitario de las hembras reproductoras negativamente, cuando éste se encuentra en situación basal, sin desencadenarse ninguna respuesta del mismo. Sin embargo, los resultados de nuestro trabajo indican que el sistema inmunitario en situación tras una infección por *S. aureus*, no se ha visto afectado negativamente por la selección por GMD. De hecho, parece que se ha mejorado.

Comparando los dos grupos de la generación actual (VR25 y VR36) para ver el efecto de la vitrificación sobre la respuesta inmunitaria, se observa, en los parámetros evaluados por citometría de flujo, que los recuentos de linfocitos totales, linfocitos T, linfocitos CD4+, granulocitos, monocitos y el ratio CD4+/CD8+ son significativamente superiores en el grupo R36 ($P<0.05$). Además, en los parámetros sanguíneos medidos con un analizador hematológico se observó que las conejas del grupo VR36 tuvieron unos valores significativamente superiores en la serie roja de la sangre (hematocrito, hemoglobina y glóbulos rojos) y en el recuento de plaquetas ($P<0.05$). Sin embargo, los recuentos de leucocitos fueron significativamente superiores en el grupo R36 ($P<0.05$).

La vitrificación es un recurso que permite obtener animales de generaciones de selección anteriores que ya no tenemos y compararlos con generaciones actuales para ver los efectos que ha podido tener esa selección. Pero la propia vitrificación es un proceso que puede tener efecto en muchos aspectos de los animales obtenidos de este modo (Marco-Jiménez *et al.* 2013; Lavara García *et al.* 2015), por ello, es importante conocer el efecto real que tiene la vitrificación sobre los parámetros en concreto que queremos estudiar.

Tabla 2. Medias de los parámetros sanguíneos estudiados para los 3 grupos de conejas en los 4 puntos de muestreo durante la infección por *S.aureus*.

	VR18	VR36	R36	EEM	P valor
Recuento de leucocitos 10 ⁶ /L					
Linfocitos totales	3.569 ^b	3.492 ^a	3.570 ^b	0.031	0.016
Linfocitos B	1.266 ^a	1.406 ^b	1.468 ^b	0.085	0.018
Linfocitos T	3.301 ^b	3.188 ^a	3.260 ^b	0.030	<0.001
CD4 ⁺	3.11 ^{5b}	2.984 ^a	3.068 ^b	0.029	<0.001
CD8 ⁺	2.739 ^b	2.661 ^a	2.696 ^{ab}	0.035	0.098
CD25 ⁺	1.642 ^b	1.481 ^a	1.542 ^{ab}	0.092	0.021
CD4 ⁺ /CD8 ⁺	2.445 ^{ab}	2.160 ^a	2.599 ^b	0.131	0.048
Granulocitos	3.610 ^a	3.608 ^a	3.717 ^b	0.061	0.004
Monocitos	2.553 ^b	2.458 ^a	2.585 ^b	0.067	0.016
Gran/Lin	1.372 ^a	1.705 ^{ab}	1.919 ^b	0.187	0.017
Hematocrito (%)	38.51 ^b	39.23 ^b	37.63 ^a	0.837	0.015
Hemoglobina (g/dL)	120.3 ^b	122.7 ^b	116.6 ^a	2.873	0.007
Plaquetas (10 ³ /μL)	322.4 ^b	290.6 ^a	287.3 ^a	10.67	0.007
Glóbulos rojos (10 ⁶ /μL)	5.577 ^a	5.802 ^b	5.519 ^a	0.120	0.008
Leucocitos(10 ³ /μL)	1.018 ^a	0.980 ^a	1.079 ^b	0.024	<0.001

VR18: Grupo de conejas de la generación 18 obtenidas por vitrificación; VR 36: Grupo de conejas de la generación actual de selección obtenidas por vitrificación; R36: Grupo de conejas de la generación actual de selección sin vitrificar; EEM: error estándar agrupado de las medias. a-b Las medias que en la misma variable no comparten letra son significativamente diferentes (P<0,05).

Como conclusión, los resultados de la infección experimental indican que la selección genética por velocidad de crecimiento ha mejorado el estatus inmunológico de las hembras reproductoras a edad de primera inseminación artificial al enfrentarse a un reto infeccioso. Es decir, este estudio sugiere que la mayor incidencia de enfermedades observada en esta línea genética comparada con otras seleccionadas por otros parámetros, no es debido a la estrategia utilizada durante la selección de estos animales.

Además, los resultados de comparar un grupo de conejas vitrificado y otro no vitrificado de la misma generación de selección parecen indicar que el efecto que produce la vitrificación es una reacción inmunitaria inferior de la mayoría de células leucocitarias sanguíneas además de un recuento de lesiones inferior al desencadenarse una respuesta inmunitaria ante un patógeno.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio ha sido financiado gracias al Ministerio de Economía y Competitividad (AGL2014-53405-C2-2-P), a la Generalitat Valenciana (contrato predoctoral Sara Pérez ACIF/2016/085), al Ministerio de Educación y Formación Profesional (contrato predoctoral Elena Moreno FPU17/02708) y a la Universidad CEU Cardenal Herrera (INDI 18/08 y contrato predoctoral Sara Pérez). Así mismo, agradecer a todas las personas que han colaborado en la realización de este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

Corpa J.M., Hermans K., Haesebrouck E. 2010. Main pathologies associated with *Staphylococcus aureus* infections in rabbits: a review. *World Rabbit Science*, 17(3): 115-125.

Estany J., Camacho J., Baselga M., Blasco A. 1992. Selection response of growth rate in rabbits for meat production. *Genetics Selection Evolution*, 24: 527-537.

- García M.L., Baselga M. 2002. Estimation of genetic response to selection in litter size of rabbits using a cryopreserved control population. *Livestock Production Science*, 74: 45-53.
- García-Quirós A., Arnau-Bonachera A., Penades M., Cervera C., Martínez-Paredes E., Ródenas L., Selva L., Viana D., Corpa J.M., Pascual J.J. 2014. A robust rabbit line increases leukocyte counts at weaning and reduces mortality by digestive disorder during fattening. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 161(3-4): 123-131.
- Gómez E.A., Rafel O., Ramon J. 1998. Genetic relationships between growth and litter size traits at first parity in a specialized dam line. In *Proc.: 6th W.C.G.A.L.P.*, Vol. XXV, 552-555.
- Guerrero I., Ferrián S., Blas E., Pascual J.J., Cano J.L., Corpa J.M. 2011. Evolution of the peripheral blood lymphocyte populations in multiparous rabbit does with two reproductive management rhythms. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 140(1-2): v75-81.
- Lavara García R., Baselga Izquierdo M., Marco Jiménez F., Vicente Antón J.S. 2015. Embryo vitrification in rabbits: Consequences for progeny growth. *Theriogenology*, 84(5): 674-680.
- Marco-Jiménez F., Lavara R., Jiménez Trigos E., Vicente J. 2013. In vivo development of vitrified rabbit embryos: Effects of vitrification device, recipient genotype, and asynchrony. *Theriogenology*, 79(7): 1124-1129.
- Sanchez J.P., de la Fuente L.F., Rosell J.M. 2012. Health and body condition of lactating females on rabbit farms. *Journal of Animal Science*, 90(7): 2353-61.
- Viana D., Selva L., Segura P., Penadés J.R., Corpa J.M. 2007. Genotypic characterization of *Staphylococcus aureus* strains isolated from rabbit lesions. *Veterinary Microbiology*, 121(3-4): 288-98.
- Vicente J.S., Llobat L., Viudes-de-Castro M.P., Lavara R., Baselga M., Marco-Jiménez F. 2012. Gestational losses in a rabbit line selected for growth rate. *Theriogenology*, 77(1): 81-88.

Detección de *Staphylococcus aureus* en conejos silvestres

Detection of Staphylococcus aureus in wild rabbits

Pérez-Fuentes S.*; Moreno-Grúa E., Viana D., Selva L., Lizana V., Cardells J., Corpa JM.

Dept. de Producción y Sanidad Animal (PASAPTA), Universidad Cardenal Herrera CEU, C/ Tirant lo Blanc 7, 46115 Alfara del Patriarca (Valencia), España

*Dirección de contacto: sara.perezfuentes@uchceu.es

RESUMEN

La estafilococia es una de las patologías más frecuentes en las granjas cunícolas. Sin embargo, hay poca información acerca de esta enfermedad en conejos silvestres. Debido a que estos animales pueden ser una fuente de contagio para las personas y otros animales, sobre todo de cepas resistentes a meticilina (SARM), nos planteamos conocer la prevalencia de *Staphylococcus aureus* en conejos silvestres, qué genotipos son más frecuentes y determinar la resistencia a meticilina de las cepas encontradas. Observamos una prevalencia del 17,4% de animales positivos a *S. aureus* y del 8,7% de animales positivos al gen *mecC*, todos ellos del tipo B4. Los genotipos encontrados en este estudio difieren de estudios anteriores en granjas cunícolas, indicando una posible adaptación de *S. aureus* a los conejos silvestres. Con estos resultados se pone de manifiesto la necesidad de seguir estudiando este tipo de conejos que están en contacto con otras especies animales, incluido el hombre (cazadores) y donde se ha demostrado la presencia de cepas SARM.

Palabras clave: *Staphylococcus aureus*, conejo silvestre, SARM, tipado.

ABSTRACT

Staphylococcus aureus is one of the most frequent pathogens in rabbit farms. However, there is few information about this bacteria in wild rabbits. These animals could be a source of infection for people and other animals, especially methicillin resistant strains (MRSA). For this reason, we wanted to know what the prevalence of *S. aureus* in wild rabbits was, what genotypes were more frequently detected and what the prevalence of methicillin resistance in isolated strains was. We observed that 17.4% of the animals were positive to *S. aureus* and 8.7% of the animals were positive to the *mecC* gene, all of these being type B4. The types found in this study differ from previous studies of rabbit farms, indicating a possible adaptation of *S. aureus* strains to wild rabbits. These results highlight the need to continue studying this type of rabbits, in which the presence of MRSA strains has been already demonstrated, since they are in contact with other animal species and hunters.

Keywords: *Staphylococcus aureus*, wild rabbit, MRSA, typing.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha aumentado la preocupación por las estafilococias debido a la aparición de brotes más frecuentes, virulentos y difíciles de eliminar en las granjas cunícolas. Sin embargo, los conejos comerciales no son los únicos afectados por *Staphylococcus aureus*, ya que en conejos silvestres se realizó hace unos años un estudio donde se aisló también este microorganismo (Merritt *et al.*, 1982), pero no hay evidencias más recientes sobre la prevalencia en la población salvaje, solo casos puntuales en canales (Traversa *et al.*, 2015). Los conejos silvestres podrían actuar como reservorio para una posible transmisión a otras especies silvestres, a los conejos de producción y también como fuente de contagio para las personas que practican la caza de estos animales. Todo esto, junto con la reciente aparición de cepas resistentes a meticilina (MRSA) en las granjas cunícolas (Moreno-Grúa *et al.*, 2018), convierte a la población de conejos silvestres en un importante grupo donde estudiar la presencia de *S. aureus*. Por ello, nos planteamos 3 objetivos: (1) conocer la prevalencia de *S. aureus* en conejos silvestres; (2) genotipar las cepas obtenidas y compararlas con las obtenidas anteriormente en granjas comerciales y (3) conocer la prevalencia de cepas MRSA en la población silvestre.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se capturaron 138 animales de 5 cotos diferentes de la Comunidad Valenciana y se tomaron torundas de las fosas nasales, orejas, periné y lesiones macroscópicas. Estas torundas se sembraron en placas de agar sangre y se incubaron a 37°C durante 24h. Aquellas colonias compatibles con *S. aureus* fueron cultivadas en caldo de triptona y soja también a 37°C durante toda la noche en agitación. Parte de este cultivo se guardó a -80°C y de 1,5 mL se extrajo ADN utilizando el kit Genelute Bacterial Genomic ADN (SIGMA) siguiendo el protocolo del fabricante, lisando previamente la pared celular mediante 12,5 µg/ml de lisostafina durante una hora a 37°C. Con este ADN se realizó el tipado molecular del gen *coa* como se describe en el artículo de Viana *et al.* (2007). Para conocer la presencia de aislados MRSA se realizó PCR del gen *mecA* (Geha *et al.*, 1994) y del gen *mecC* (Khairalla *et al.*, 2017). Los productos de PCR (5µ de alícuota) se analizaron por electroforesis en gel de agarosa al 2% y los geles se revelaron con ImageQuant™ LAS 4000.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron animales positivos en 3 de los 5 cotos muestreados (Tabla 1). De los 138 animales, 24 resultaron positivos a *S. aureus* y, de estos, 12 eran MRSA (Tabla 2), presentando el gen *mecC*. Este gen es un homólogo del gen *mecA*, que también confiere resistencia a meticilina, y está ampliamente distribuido tanto geográficamente como entre diferentes especies (Paterson *et al.*, 2014). Sin embargo, no se había descrito anteriormente en conejos silvestres.

Se observaron 3 genotipos diferentes según el gen *coa*, siendo el coto número 3 el que presentó mayor variabilidad, posiblemente debido al gran número de animales muestreados (Tabla 1). Sin embargo, únicamente 2 de los animales presentaron distintas cepas a la vez. Estos genotipos difieren con los anteriormente descritos en conejos comerciales (Viana *et al.*, 2007; Pérez-Fuentes *et al.*, 2017), lo que puede indicar, por un lado, la adaptación de las cepas a diferentes ambientes y, por otro lado, un buen manejo en las granjas cunícolas evitando el contacto con la fauna silvestre.

Todas las cepas positivas a *mecC* eran B4, lo que podría indicar que sería la misma cepa en el coto 3 y 5. Por último, cabe destacar que todas las muestras obtenidas de sarna presentaban *S. aureus* y 3 de los 4 eran MRSA.

Tabla 1. Animales positivos a *Staphylococcus aureus* y MRSA en los diferentes cotos estudiados.

	Animales	<i>S. aureus</i>	(%)	MRSA	(%)	<i>coa</i>
Coto 1	6	0	0	0	0	-
Coto 2	5	0	0	0	0	-
Coto 3	120	18	15	10	8,3	B4, F2 y F4
Coto 4	5	4	80	0	0	B4 y F4
Coto 5	2	2	100	2	100	B4
Total	138	24	17,4	12	8,7	

Tabla 2. Muestras positivas a *Staphylococcus aureus* y MRSA en las diferentes localizaciones estudiadas.

	Muestras	<i>S. aureus</i>	(%)	MRSA	(%)
Fosas nasales	136	11	8,1	5	3,7
Oreja	135	10	7,4	5	3,7
Periné	136	8	5,9	2	1,5
Sarna	4	4	100	3	75
Total	411	33	8,0	15	3,6

A la vista de estos resultados, se hace más evidente el grave problema que existe con las cepas resistentes a meticilina en cunicultura, ya que están diseminándose también en la población silvestre, con el peligro de contagio a las personas que entren en contacto con éstas, dando aún más importancia si cabe al concepto de "one health".

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio ha sido financiado gracias a la Generalitat Valenciana (contrato predoctoral Sara Pérez ACIF/2016/085), al Ministerio de Educación y Formación Profesional (contrato predoctoral Elena Moreno FPU17/02708) y a la Universidad CEU Cardenal Herrera (INDI 18/08 y contrato predoctoral Sara Pérez). Así mismo, agradecer a todas las personas que han colaborado en la realización de este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- Geba D.J., Uhl J.R., Gustafsson C.A., Persing D.H. 1994. Multiplex PCR for identification of methicillin-resistant staphylococci in the clinical laboratory. *Journal of Clinical Microbiology*, 32(7): 1768-1772.
- Khairalla A.S., Wasfi R., Ashour H.M. 2017. Carriage frequency, phenotypic, and genotypic characteristics of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* isolated from dental health-care personnel, patients, and environment. *Sci. Rep.*, 7: 7390.
- Merritt G.C., Goodrich B.S., Hesterman E.R., Mykytonycz R. 1982. Microflora and volatile fatty acids present in inguinal pouches of the wild rabbit, *Oryctolagus cuniculus*, in Australia. *Journal of Chemical Ecology*, 8(9): 1217-1225.
- Moreno-Grua E., Pérez-Fuentes S., Muñoz-Silvestre A., Viana D., Fernández-Ros A.B., Sanz-Tejero C., Corpa J.M., Selva L. 2018. Characterization of livestock-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* isolates obtained from commercial rabbitries located in the Iberian Peninsula. *Frontiers in Microbiology*, 9: 1812.
- Paterson G.K., Harrison E.M., Holmes M.A. 2014. The emergence of *mecC* methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Trends in Microbiology*, 22(1): 42-47.
- Pérez-Fuentes S., Muñoz-Silvestre A., Moreno-Grúa E., Viana D., Selva L., Corpa J.M. 2017. Estado actual de las cepas de *Staphylococcus aureus* en granjas cunícolas. En: XLII Symposium de Cunicultura de ASESCU. Murcia, España, pp. 87-90.
- Traversa A., Gariano G.R., Gallina S., Bianchi D.M., Orusa R., Domenis L., Cavallerio P., Fossati L., Serra R., Decastelli L. 2015. Methicillin resistance in *Staphylococcus aureus* strains isolated from food and wild animal carcasses in Italy. *Food Microbiology*, 52: 154-158.
- Viana D., Selva L., Segura P., Penades J.R., Corpa J.M. 2007. Genotypic characterization of *Staphylococcus aureus* strains isolated from rabbit lesions. *Veterinary Microbiology*, 121: 288-298

***Bacteroides fragilis* enteropatógeno: ¿Enfermedad emergente o hallazgo clínico?**

Enteropathogenic Bacteroides fragilis: Emerging disease or clinical finding?

Malo Martínez, M.*

Veterinario de campo especializado en nutrición cunícola. Nutega Huesca, calle San Jorge 1, Zaragoza

*Dirección de contacto: mmalomartinez@yahoo.es

RESUMEN

En esta comunicación se analizarán tres casos aparecidos en distintos momentos y en distintas granjas de procesos diarreicos predestete con un patrón distinto a los procesos que aparecen habitualmente en el trabajo diario de un veterinario de campo. En unos de los casos, ante la ausencia de resultados usando los procedimientos analíticos habituales y la gravedad de los procesos, que ponían en riesgo incluso la viabilidad de la granja, tomamos la decisión de buscar otras posibilidades en un centro especializado en microbiota del conejo como es el CReSA. Dicho y hecho, nos pusimos en contacto con Ignacio Badiola, director del subprograma BACPAR (Infecciones Bacterianas, Parasitarias y Resistencia Antimicrobiana) y se aisló *Bacteroides fragilis* enteropatógeno, portador del gen BFT. Aunque *B. fragilis* es un habitual y deseado poblador del tubo digestivo de la especie cunícola, es la primera vez, que supiéramos, que se había aislado el gen BFT, en principio, patógeno para todas las especies, en una granja comercial. Aunque nos pareció claro que se trataba de un hallazgo clínico con importancia relativa, aparecieron dos casos más, y conforme se fue comunicando a otros veterinarios clínicos, otros más. Esto nos hizo pensar que no era solo un hallazgo. Aunque está descrita la reproducción de la enfermedad a nivel laboratorial en gazapos de tres días, no se ha reproducido la enfermedad en animales de 21-27 días y con el material infectante proveniente de una granja problema, por tanto, no podemos asegurar al 100% que se trate de una nueva patología, pero los síntomas tan claros y el resultado de la autovacunación nos hace pensar que estamos ante una patología emergente.

Palabras clave: patología, conejo, *Bacteroides fragilis*, enfermedades bacterianas.

ABSTRACT

This communication analyzes three cases, which appeared at different times and in different farms, of preweaning diarrheal processes with a different pattern to the processes that usually appear in the daily work of a field veterinarian. In some of the cases, in the absence of results using the usual analytical procedures and due the severity of the processes, which put at risk even the viability of the farm, we decided to look for other possibilities in a center specialized in rabbit microbiota as it is the CReSA. Therefore, we got in touch with Ignacio Badiola, director of the BACPAR subprogram (Bacterial, Parasitic and Antimicrobial Resistance) and isolated enterotoxigenic *Bacteroides fragilis*, carrier of the BFT gene. Although *B. fragilis* is a habitual and desired inhabitant of the digestive tract of the rabbit species, it is the first time, to our knowledge, that the BFT gene has been isolated, in principle, pathogenic for all species, in a commercial farm. Although it seemed clear to us that this was a relatively important clinical finding, two more cases appeared, and as it was communicated to other clinical veterinarians, there were still other cases. This made us think that it was not just an isolated finding. Although the reproduction of the disease at the laboratory level in three-day kits has been described, the disease has not been reproduced in animals aged 21-27 days and with the infective material from a problem farm; therefore, we cannot absolutely guarantee that it is a new pathology, but the symptoms are so clear and the result of autovaccination makes us think that we are dealing with an emerging pathology.

Keywords: pathology, rabbit, *Bacteroides fragilis*, bacterial diseases.

INTRODUCCIÓN

Bacteroides fragilis es un germen comensal habitual del intestino de muchas especies, especialmente en el caso del conejo. Es un germen Gram (-), anaerobio, aunque es capaz de crecer en situaciones de pequeña concentración de oxígeno. Es el germen anaerobio más resistente a los antibióticos que se conoce.

Hay algunos géneros bacterianos, entre los que se encuentra *Bacteroides*, que tienen un efecto beneficioso para el buen funcionamiento digestivo:

- Participa en la activación del tejido linfoide intestinal (GALT).
- Produce los polisacáridos ZPS, muy relacionados con la producción de interleukinas. Estos dos efectos generan una protección inespecífica (IgM) sin protección específica (IgG) lo que facilita la modulación inmunitaria (interferones).
- Produce gran cantidad de adhesinas en el fondo de las villi, lo que dificulta la implantación de otras bacterias patógenas.
- Fermenta los carbohidratos pero solo a nivel polisacáridos, lo que facilita el crecimiento de otras bacterias saprofitas.
- Modifica la permeabilidad del intestino por disminución de las adhesinas que unen las células intestinales. Como anécdota, este efecto está siendo estudiado en humana de cara a la preparación de un probiótico que ayude en la lucha contra el autismo (cepa ZY-312).

A pesar de estos efectos positivos en el tubo digestivo de los animales en general y del conejo en particular, el *Bacteroides fragilis* puede tener efectos muy negativos:

- Los portadores del gen BFT provocan fuertes diarreas en varias especies, especialmente en la humana, donde se considera un problema importante en países en vías de desarrollo y una amenaza a nivel global. Se considera que es patógeno para todas las especies.
- En gazapos de tres días está descrita una reproducción experimental de la enfermedad (Myers et al., 1989) con una mortalidad de un 80%.
- Es el Gram (-) más multirresistente que se conoce. Además es conocida su capacidad de transmitir genes de resistencia, incluso cuando no sea responsable de la patología.
- Es el causante de la mayor parte de las apendicitis y peritonitis en humana. Incluso se estudia que pueda tener un papel en la incidencia del cáncer colorectal,

En este trabajo se describen tres casos clínicos con un patrón sintomático y lesional muy similar y todos con presencia de *Bacteroides fragilis* enteropatógeno.

MATERIAL Y MÉTODOS; EXPLICACIÓN DE LOS CASOS

Granja nº 1

Año 2013, granja de 600 I.A. en banda única a 11 días post parto. Granja nueva con resultados muy buenos. Sin vacío y desinfección profunda, al tratarse de una granja con el objetivo de tener dos naves pero que comenzó con una sola.

Comienzan a aparecer gazapos de 21-24 días con diarrea muy líquida sin impactación ni síntomas de paresia. Primera sospecha hacia *E. coli*. Realizamos analítica con el aislamiento de *E. coli* eae (-) y *Klebsiella*.

El resultado no me cuadra, en la siguiente banda volvemos a analizar con resultados similares: decidimos preparar una autovacuna con estos gérmenes sin conseguir avances.

La mortalidad estaba alrededor del 30-40% antes del destete, pero cuatro bandas después nos aumenta de forma drástica la mortalidad en el cebadero, con mortalidades de otro 30%. Estaba convencido de que había algún germen implicado en el proceso que no se había conseguido aislar por lo que envié muestras al CRESA, laboratorio especializado en microbiota del conejo. En este laboratorio el Dr. Ignacio Badiola me comunicó el primer aislamiento de *Bacteroides fragilis* enteropatógeno.

Los intentos de lucha con tratamientos antibióticos fracasaron. Intentamos "arrinconar" la enfermedad con sobrerreposición, aprovechando que parecía poco contagiosa. A pesar de un inicio esperanzador, el problema volvió a diseminarse y el cunicultor aprovechó la construcción de la segunda nave para hacer vacío sanitario.

En ese momento ya estábamos convencidos de que el problema provenía del consumo de agua en mal estado, puesto que la balsa de riego que proveía la explotación se quedó sin agua y había gran cantidad de peces muertos. Estábamos convencidos de que era un hallazgo clínico sin mayor trascendencia y así lo presenté en un meeting de una conocida empresa de zoosanitarios.

Granja n° 2

Año 2015, granja de unas 1200 I.A. en banda única con inseminación a 11 días post parto, granja veterana con ampliaciones pero bien mantenida e instalaciones actualizadas. Vacío sanitario y limpieza y desinfección entre bandas. Resultados sanitarios medios pero estables: aproximadamente un 10% en nido y un 7% en cebo.

En esta segunda granja el diagnóstico fue, lógicamente, más rápido. La segunda banda con incremento en mortalidad de los gazapos de 21 a 24 días ya teníamos el diagnóstico del CReSA. El aspecto de los animales y el desarrollo de la enfermedad nos hizo sospechar desde el primer momento.

Aunque en un principio parecía que el problema era de menor envergadura, incrementó rápidamente y pronto se afectó también el cebadero, aunque con cifras más moderadas.

Hicimos un vacío sanitario de una nave pequeña y se llenó de conejas de fuera. Buen resultado al principio, pero se nos contaminó y, aunque siguió funcionando mejor, había bastantes casos.

Ante la imposibilidad de tratamiento antibiótico y fallando la estrategia de manejo nos decidimos por probar una autovacuna. Aunque Ignacio Badiola no era optimista sobre su resultado. El resultado fue bueno y hoy en día la granja esta estable, aunque cuando se retrasan en poner la autovacuna vemos casos que prácticamente desaparecen al vacunar de nuevo.

En realidad no sabemos cómo se inició el problema. La hipótesis del agua que me pareció tan clara en el anterior caso, en este no lo estaba. Esta granja consume agua de la red con tratamiento supletorio.

Granja n° 3

Año 2016, granja de 650 I.A. por banda, con inseminación a 25 días post parto. Granja veterana. Correcta pero sin vacíos estrictos y limpiezas no profundas al haber algún animal dentro. Datos sanitarios malos ya en el momento de la visita. Llevaba muchas bandas con el problema. Realmente esta granja acudió a mí al hablar con el propietario de la granja 2.

Nada más entrar y ver los animales tuve la sospecha y el diagnóstico lo confirmó. Llevaba dos años con el problema. En ese momento la granja 2 ya había vacunado pero no conocíamos el efecto, por lo que decidimos intentar los vacíos parciales, algunos aditivos y la sobrerreposición. Mejoró pero no suficientemente y en cuanto tuvimos datos del resultado de la autovacuna de la granja 2 la pusimos y también funcionó. Tampoco fuimos capaces de relacionar una vía de entrada.

Después de estas tres granjas me consta (algunos ganaderos me han llamado) que han aparecido más granjas. Algunas contemporáneas con las descritas pero sin diagnóstico. En varios meetings en los que exponemos casos clínicos expuse la enfermedad a otros compañeros; Ignacio Badiola también está contribuyendo a la difusión.

CONCLUSIÓN

Es un hecho que hay casos de diarrea en gazapos de nido a partir de los 21 días que tiene un desarrollo de unos 7-10 días y que provoca alta mortalidad. Esta diarrea tiene algunas características diferenciales de otros casos de diarrea en esta edad:

- Se trata de una diarrea especialmente líquida.
- En el cuadro lesional, no observamos áreas de congestión. El intestino está lleno de líquido muy claro y la pared del ciego da sensación de delgada y débil.
- Puede aparecer solo antes del destete, pero en algunos casos puede afectar también a gazapos destetados. Cuando aparece en gazapos destetados, uno de cada 20 (aprox.) suele tener focos necróticos en apéndice, similares a los hallados en salmonella, pero negativo a ésta.
- En los nidos afectados la mortalidad ronda el 90%, la media suele rondar el 20-25% en poco más de una semana.

- No parece una enfermedad muy contagiosa, están al lado nidos afectados y no afectados. Si introducimos animales de fuera y los colocamos en una parte de la nave, se mantienen sin afectar durante un tiempo.
- Las hembras que han tenido un parto con el problema suelen repetir pero no tiene porqué ser el siguiente parto.

Por supuesto que sin reproducir la enfermedad en gazapos de esta edad, no podemos estar seguros al 100% de que la autoría sea *Bacteroides fragilis* enteropatógeno, pero el cuadro lesional tan característico y el funcionamiento de la autovacuna de una manera tan clara, nos hace pensar que es el responsable. Además explicaría también una buena parte de la patogenia, puesto que la enfermedad podría ser el resultado de un desequilibrio entre *Bacteroides* enteropatógeno y no enteropatógeno. Esto querría decir que solo la presencia del gen BFT puede no ser suficiente para justificar la enfermedad, sería necesario una cuantificación (PCR) o la aparición simultánea de los síntomas característicos.

A la espera de que desde el mundo científico se aporte más información, como veterinario de campo el abordaje de este tipo de diarreas lo realizo considerando que *Bacteroides fragilis* enteropatógeno es el responsable del problema y que la autovacuna es nuestra única herramienta de lucha.

BIBLIOGRAFÍA

- Myers L.L., Firehammer B.D., Shoop D.S., Border M.M. 1984. *Bacteroides fragilis: a possible cause of acute diarrheal disease in newborn lambs. Infect. Immun.*, 44(2): 241-244.
- Myers L.L., Shoop D.S., Collins J.E., Bradbury W.C. 1989. *Diarrheal disease caused by enterotoxigenic Bacteroides fragilis in infant rabbits. J. Clin. Microbiol.*, 27(9): 2025-2030.
- Pérez de Rozas Ruiz de Gauna, A.M. 2014. *Utilización de cepas de Bacteroides spp. como probiótico en conejos. Tesis Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.*
- San Joaquin, V.H., Griffis J.C., Lee C., Sears C.L. 1995. *Association of Bacteroides fragilis with childhood diarrhea. Scand. J. Infect. Dis.*, 27(3): 211-215.
- Sears C.L., Myers L.L., Lazenby A., Van Tassell R.L. 1995. *Enterotoxigenic Bacteroides fragilis. Clin. Infect. Dis.*, 20(Suppl. 2): S142-S148.

Comunicación de un caso de tuberculosis en una granja de conejos

Martín Lorente E.¹, Comenge Gracia J.^{2*}

¹ Grupo Arcoiris

² Nanta, S.A.

*Dirección de contacto: j.comenge@nutreco.com

DESCRIPCIÓN DEL CASO

En otoño de 2018, una explotación cunícola de la provincia de Teruel reportó un aumento de mortalidad en conejas reproductoras asociada a un proceso crónico que duraba en torno a 15 días y que cursaba con anorexia y pérdida de peso. La granja contaba con 1.100 madres en producción en una nave de dos pisos, e inseminaba 2 bandas en postparto 11, contando con machos propios para la elaboración de las dosis seminales.

En octubre de 2018 la mortalidad era de entre 3 y 5 conejas diarias, y se apreciaban múltiples reproductoras afectadas. Los machos, las hembras en reposición, los gazapos lactantes y el cebo no se veían afectados por este proceso.

En la exploración externa de los animales afectados tan sólo se apreciaba pérdida de peso, caquexia, posturación y debilidad, mientras que en la necropsia aparecían múltiples lesiones nodulares multifocales que se presentaban en diferentes localizaciones: intestino (principalmente válvula ileocecal y apéndice), riñones, pulmones, pleura, hígado, bazo y ganglios linfáticos.

Entre octubre y noviembre se enviaron varios lotes de muestras a diferentes laboratorios. En un primer momento se sospechó de pseudotuberculosis (*Yersinia pseudotuberculosis*), pero fue descartado al no haber crecimiento en las diversas muestras enviadas. En esas mismas muestras se realizó PCR para tuberculosis, resultado positiva y evidenciando la presencia de bacterias del complejo *Mycobacterium tuberculosis*. Estudios histopatológicos posteriores detectaron lesiones compatibles con tuberculosis y la tinción Ziehl-Neelsen confirmó la presencia de bacterias bacilares de pequeño tamaño ácido-alcohol resistentes. Finalmente se validaron los resultados por cultivo y se identificó al *Mycobacterium caprae* espoligotipo SB0415 como agente causal del proceso.

Al ser la tuberculosis una zoonosis y tener graves repercusiones para la salud pública tuvo que ser comunicado el foco a los SSVVOO de Aragón. Primero, decidieron inmovilizar la explotación sin la posibilidad de realizar movimientos de entrada ni de salida incluso a matadero, y posteriormente ordenaron el sacrificio in situ de todos los animales de la explotación por parte del propietario según un plan de matanza. Todas estas medidas se aplicaron basándose en el principio de precaución y sin ningún tipo de indemnización económica por parte de la administración, a diferencia de otras especies en las que sí está contemplada. Después del vacío se realizó una encuesta epidemiológica para poder establecer el posible origen de la infección.

Antes del vaciado total de la granja se guardaron 51 conejas de varias edades y con diferentes estados corporales para realizarles la prueba de intradermotuberculinización (IDTB simple) y el día de la lectura a las 72 horas se sacrificaron y necropsiaron, encontrándose lesiones en 33 de las conejas (64.7 %), lo que da una idea de que el proceso estaba muy extendido. También se realizó el mismo proceso en 16 gazapos de engorde de 90 días que se guardaron ex profeso, y aunque en cebo no había clínica, 3 de ellos (18,75 %) tenían lesiones compatibles con tuberculosis (1 en pulmón y 2 en hígado). De todos estos animales también se cogieron muestras para enviar al laboratorio y realizar cultivos para confirmar si las lesiones observadas macroscópicamente son debidas a la tuberculosis.

DISCUSIÓN

Aunque en la bibliografía sí que se encuentran referencias respecto a que la tuberculosis puede afectar a los conejos, no hay descritos casos en explotaciones industriales ni hemos encontrado referencias recientes.

No nos es posible establecer cuando comenzó este proceso. Los resultados en maternidad (fertilidad) eran históricamente mediocres, y hasta la aplicación del plan de reducción de uso de antibióticos las reproductoras se medicaban regularmente (doxiciclina, oxitetraciclina) por lo que es probable que estos tratamientos prolongados en el tiempo controlasen el proceso y no se manifestase clínica.

El proceso es crónico, ya que a pesar de encontrar lesiones en gazapos de engorde (confirmada la presencia de bacterias ácido-alcohol resistentes en las lesiones de pulmón) no hay manifestación clínica hasta que las conejas están en producción.

Respecto a la entrada del patógeno en la explotación, en primer lugar se descartó que fuera a través de los operarios de la explotación porque dieron todos negativo al test de Mantoux. Después, sospechamos de un rebaño de cabras muy próximo a la granja y que no se había saneado frente a tuberculosis en los últimos 10 años. Dicho rebaño ha desaparecido por lo que es imposible corroborar esta hipótesis.

GENÉTICA Y REPRODUCCIÓN

La selección por grasa intramuscular modifica el microbioma digestivo del conejo

Blasco a., Zubiri A., Martínez M., Casto C., Hernández P.

Selección para mejorar la eficiencia alimentaria de gazapos alojados en grupo usando comederos electrónicos

Sanchez J.P., Pascual M., Perucho O., Piles.

Análisis de la eficiencia alimentaria durante el crecimiento en líneas de conejo seleccionadas por diferentes objetivos

Pascual M., Piles M., Pascual J.J., Ródenas L., Velasco M., Herrera W., Rafel O., Sánchez J.P.

Microbiota digestiva de conejas reproductoras en función del éxito reproductivo anual y la edad

Savietto D., Paes C., Despeyroux M., Barilly C., Cauquil L., Combes S.

Efecto de la condición corporal sobre la fertilidad

Agea I., Torres C., García M.L., Argente M.J.

La selección por grasa intramuscular modifica el microbioma digestivo del conejo

Selection for intramuscular fat modifies digestive microbiome in rabbits

Blasco A.*; Zubiri A., Martínez M., Casto C., Hernández P.

Instituto de Ciencia y Tecnología Animal, Universitat Politècnica de València, Apartado 22012, 46022 Valencia

*Dirección de contacto: ablasco@dca.upv.es

RESUMEN

En este estudio investigamos las respuestas correlacionadas a la selección de grasa intramuscular (IMF) en el genoma de los microbios del ciego. Se identificaron distintos genes microbianos entre las dos líneas mediante el Análisis discriminante de proyección a estructuras latentes (DA-PLS). El modelo final que incluye 105 genes microbianos mostró un Q^2 de 91.6%. De ellos, 18 genes estuvieron involucrados en la ruta del metabolismo energético. Estos genes mostraron diferente abundancia relativa en las líneas FMI alta y baja. Dos genes implicados en el metabolismo del metano y dos implicados en el metabolismo de la manosa y la fructosa fueron más abundantes en la línea alta, y dos genes relacionados con la biosíntesis de los lipopolisacáridos fueron más abundantes en la línea baja. Nuestro estudio destaca la importancia del microbioma intestinal en la deposición de lípidos musculares en conejos y muestra que la selección para el FMI condujo a una respuesta correlacionada en su perfil metagenómico, particularmente en las rutas metabólicas energéticas. Estos resultados resaltan una relación entre los genes del individuo y los genes de sus microbios intestinales.

Palabras clave: grasa intramuscular, respuesta correlacionada, metagenoma, conejo.

ABSTRACT

In this study we investigate the correlated responses to selection for intramuscular fat (IMF) in the cecum microbes' genome. Distinct microbial genes between the two lines were identified using Projection to Latent Structures Discriminant Analysis (DA-PLS). The final model including 105 microbial genes showed a Q^2 of 91.6%. From those, 18 genes were involved in the energy metabolism pathway. These genes showed different relative abundance in the high and low IMF lines. Two genes involved in methane metabolism, and two involved in the metabolism of mannose and fructose were more abundant in the high line, and two genes related to lipopolysaccharides biosynthesis were more abundant in the low line. Our study highlights the importance of the gut microbiome in the muscular lipid deposition in rabbits and shows that selection for IMF led to a correlated response in their metagenomics profile, particularly in the energy metabolic routes. These results highlight a relationship between the genes of the individual and the genes of its gut microbes.

Keywords: intramuscular fat, correlated responses, metagenome, rabbit.

INTRODUCCIÓN

Aumentar el contenido de grasa intramuscular (GIM) en la carne mejora su terneza, jugosidad y sabor. Hay estudios que relacionan la deposición lipídica con el perfil microbiano del tracto digestivo en humanos y ratón (Krajmalnik-Brown et al., 2012), por lo que es razonable pensar que podría ser también el caso en conejo. Para investigarlo, se han utilizado dos líneas de conejo procedentes de un mismo origen genético y seleccionadas por alta (línea GA) y baja (línea GB) grasa intramuscular durante diez generaciones. Estas líneas son un material excepcional para el estudio de la base genética de la deposición de grasa intramuscular, puesto que difieren solamente en los genes relacionados con este carácter (Martínez-Álvaro et al., 2016). En este estudio queremos investigar los cambios que se han producido en el metagenoma del contenido cecal debidos a la selección e identificar las rutas metabólicas modificadas tras la selección.

MATERIAL Y MÉTODOS

El procedimiento de selección para el desarrollo de las líneas GA y GB está descrito en Martínez-Álvaro *et al.* (2016). Se sacrificaron 16 y 17 conejos de las líneas GA y GB de la generación 10 a las 9 semanas de edad, tras un ayuno previo de 4 horas. Inmediatamente tras el sacrificio, se recogieron muestras de contenido cecal, se homogeneizaron y conservaron a -80°C. Las muestras fueron secuenciadas con Illumina NextSeq. La longitud media de las lecturas pareadas fue de 2×150 pb. Las lecturas se alinearon a la base de datos KEGG (<http://www.kegg.jp>), y se lograron identificar 6230 genes microbianos. Tras eliminar aquellos genes con cero counts en más de 8 animales, nos quedamos con 4540 genes.

Los datos metagenómicos fueron pre-procesados usando la transformación del ratio del logaritmo centrado (clr) debido a su naturaleza composicional, tal y como sugiere Gloor *et al.* (2017). Los genes microbianos que difieren en ambas líneas se identificaron a través de un Análisis Discriminante basado en Proyecciones sobre Estructuras Latentes (DA-PLS, SIMCA, P+ 15.0.1, Umetrics, Umea, Suecia) con un vector de clasificación GA/GB como variable dependiente y los 4540 genes microbianos como variables independientes. Se seleccionaron las variables basándose en el criterio de la importancia de cada variable en la proyección (VIP), considerando que los genes microbianos con un $VIP < 1.0$ contribuyen poco a la predicción, y se eliminaron hasta que el modelo DA-PLS perdió capacidad predictiva (Q^2). El modelo final se construyó con 3 componentes latentes e incluyó 105 genes. A continuación, se identificaron las rutas metabólicas correspondientes a estos 105 genes. El trabajo se centró en los genes implicados en el metabolismo energético (18 genes en total).

Se analizaron estos 18 genes con un modelo DA-PLS incluyéndolas como variables independientes y el vector de clasificación GA/GB como variable dependiente. Este modelo fue construido con un componente latente. Las abundancias relativas de los genes se estimaron por animal, referidas a la suma de los counts de los 105 genes modificados tras la selección. Posteriormente se estimaron las distribuciones marginales posteriores de las diferencias entre las líneas GA y GB para la abundancia relativa de los 18 genes usando el programa Rabbit (Instituto de Ciencia y Tecnología Animal, Universitat Politècnica de València). Sobre estas distribuciones marginales, se calcularon la mediana y la probabilidad (P) de que la diferencia sea positiva cuando la mediana es positiva, o negativa cuando la mediana es negativa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La selección por grasa intramuscular tuvo una respuesta correlacionada en la abundancia relativa de 105 genes microbianos, identificados a través de DA-PLS. Estos 105 genes explicaron un 91.6% de la clasificación de los animales en GA o GB, tras la validación cruzada (Q^2). Estos 105 genes microbianos codifican proteínas involucradas en diferentes rutas metabólicas, siendo las rutas más importantes las del metabolismo energético (18 genes), transducción de señal (10), metabolismo de nucleótidos (8) y aminoácidos (5), transporte de membrana (5), replicación y reparación de ácidos nucleicos (3), traducción (3) y metabolismo de cofactores y vitaminas (3). Este trabajo se centró en los genes microbianos involucrados en las rutas del metabolismo energético. La Tabla 1 muestra los genes microbianos involucrados en rutas energéticas con diferente abundancia relativa en las líneas GA y GB.

Dos genes involucrados en el metabolismo del metano (malato-CoA ligasa subunidad beta (K14067) y dihidroxiacetona quinasa (K00863)) fueron más abundantes en la línea GA, con diferencias entre líneas de 1.192 y 0.912 desviaciones típicas ($P = 0.98$ y 0.82 , respectivamente). La metanogénesis es un proceso que consume H_2 , que es un producto final de la fermentación de los carbohidratos, y además actúa como regulador de ésta. Un trabajo de revisión en humano y ratón sugiere que existe un enriquecimiento de metanógenos oxidantes de H_2 en individuos obesos, consumiendo H_2 de manera más eficiente y por tanto conduciendo a una mayor tasa de fermentación (Krajmalnik-Brown *et al.*, 2012). Además, la línea GA mostró mayor abundancia de genes involucrados en rutas de carbohidratos específicos como la manosa y la fructosa (L-ramnosa isomerasa (K01813), $P = 0.99$ y dihidroxiacetona quinasa (K00863), $P = 0.82$). En la línea GB, otros genes como D-sedoheptulosa 7-fosfato isomerasa (K03271) y O-antigen ligasa (K02847), involucrados en la biosíntesis de lipopolisacáridos, fueron más abundantes ($P = 0.98$ y $P = 0.99$, respectivamente). Finalmente, cuando analizamos estos 18 genes microbianos en un modelo DA-PLS, la Q^2 obtenida tras la validación cruzada fue de 55.7%, mostrando un poder de clasificación alto.

Estos resultados preliminares subrayan la importancia del microbioma intestinal en la deposición lipídica en músculo en conejos, y muestran que la selección por GIM conduce a una respuesta correlacionada en el perfil metagenómico. En este estudio, centrado en las rutas del metabolismo energético, hemos observado un enriquecimiento de distintas rutas en GA y GB como consecuencia de la selección. Además, estos resultados implican una conexión entre los genes del individuo y los genes microbianos de su contenido cecal.

Tabla 1. Genes microbianos involucrados en el metabolismo energético con diferencias en su abundancia relativa en las líneas de alta (GA) y baja (GB) grasa intramuscular.

KEGG	Descripción	GA-GB	P
K14067	malato-CoA ligasa, subunidad beta	1.192	0.98
K00863	dihidroxiacetona quinasa	0.912	0.82
K01813	L-ramnosa isomerasa	0.909	0.99
K15987	bomba de Na pirofosfato-energizante K(+)-estimulada	0.781	0.98
K18697	fosfatidilglicerofosfatasa C	0.762	0.98
K01183	quitinasa	0.647	0.95
K12339	cisteína sintasa B	0.582	0.92
K07248	lactaldehído deshidrogenasea /glicolaldehído deshidrogenasa	0.435	0.84
K01208	ciclomaltodextrinasa	-1.037	1.00
K03079	L-ribulosa-5-fosfato 3-epimerasa	-0.949	1.00
K16951	sulfito reductasa anaeróbica subunidad B	-0.921	1.00
K00362	NADH nitrito reductasa, subunidad larga	-0.916	1.00
K02847	O-antigen ligasa	-0.792	0.99
K13015	UDP-N-acetil-D-glucosamina deshidrogenasa	-0.776	1.00
K01040	glutaconato CoA-transferasa, subunidad B	-0.724	1.00
K03271	D-sedoheptulosa 7-fosfato isomerasa	-0.680	0.98
K00374	nitrato reductasa, subunidad gamma	-0.580	0.98

GA-GB = mediana de la diferencia entre líneas expresada en unidades de desviación típica; P = probabilidad de que GA-GB sea mayor que 0 cuando es positiva o menor que 0 cuando es negativa.

AGRADECIMIENTOS

Este experimento ha sido subvencionado por el proyecto AGL2017-86083-C2-1-P del Plan Nacional de Investigación.

BIBLIOGRAFÍA

Gloor G.B., Macklaim J.M., Pawlowsky-Glahn V., Egozcue J.J. 2017. Microbiome datasets are compositional: and this is not optional. *Front. Microbol.*, 8: 2224.

Krajmalnik-Brown R., Ilhan Z.E., Kang, D.W., DiBase J.K. 2012. Effects of gut microbes on nutrient absorption and energy regulation. *Nutr. Clin. Pract.*, 27: 201-214.

Martínez-Álvaro M., Hernández P., Blasco A. 2016. Divergent selection on intramuscular fat in rabbits: Responses to selection and genetic parameters. *J. Anim. Sci.*, 94: 4993-5003.

Selección para mejorar la eficiencia alimentaria de gazapos alojados en grupo usando comederos electrónicos

Genetic selection to improve feed efficiency in rabbits raised in collective cages using electronic feeders

Sanchez J.P.*; Pascual M., Perucho O., Piles M.

Genética y Mejora Animal, IRTA, Torre Marimon, 08140 Caldes de Montbui, España

*Dirección de contacto: juanpablo.sanchez@irta.es

RESUMEN

El objetivo del trabajo es presentar el proceso de selección que se está llevando a cabo para mejorar la eficiencia alimentaria en conejo de carne, que se encuentra en su segunda generación de selección. El proceso implica tres líneas de 56 hembras y 16 machos cada una. La línea RFI se selecciona para reducir el consumo de pienso residual individual; la línea ADGR para incrementar el crecimiento medido bajo restricción alimentaria y la GRP para reducir el consumo de pienso residual medido en jaula, siendo la jaula la unidad de selección (GRP). La heredabilidad del consumo de pienso residual estimada en la línea RFI es de 0.18 (0.11) y la de la ganancia de peso diaria corregida por consumo en la línea ADGR es de 0.10 (0.09). Se trata de valores medios-bajos que, aunque presentan un error de estimación importante, permiten albergar esperanza de obtener respuesta en el sentido esperado, al menos en la línea RFI. Las diferencias medias para crecimiento y consumo entre los animales seleccionados y los no seleccionados en cada generación, se establecen fundamentalmente para crecimiento en la línea ADGR y para consumo en la línea RFI. En la línea GRP, como los registros se refieren a medias de jaula, la variación es mucho menor y la magnitud de las diferencias varía en función del sexo y del carácter que se considere.

Palabras clave: selección, eficiencia alimentaria, registro automático de consumo, parámetros genéticos.

ABSTRACT

The objective of the work is to present the selection process that is being carried out to improve feed efficiency in three sire rabbit lines, which is currently in the second generation of selection. Lines are composed of 56 females and 16 males. Line RFI is selected to reduce individual residual feed intake; line ADGR is selected to increase the growth on feed restriction; and line GRP to reduce cage residual feed intake, being the cage the selection unit. The estimated heritability of residual feed intake in the RFI line was 0.18 (0.11) and the corresponding to daily weight gain corrected for feed intake in the ADGR line was 0.10 (0.09). These are medium-low values that, despite having associated large estimation errors, allow envisaging a response to selection in the expected direction. The average differences for growth and feed intake between selected animals and non-selected animals are established fundamentally for growth in the ADGR line and for feed intake in the RFI line. In the GRP line, since records refer to cage averages, the variation is much smaller and the magnitude of the differences varies, changing even the sign, depending on the sex and the considered trait.

Keywords: selection, feed efficiency, automatic feed intake record, genetic parameters

INTRODUCCIÓN

La eficiencia en el uso del pienso, o más concretamente el índice de conversión (IC), es, de lejos, el carácter que mayor peso económico tiene dentro de un sistema de producción intensiva de conejo de carne (Cartuche et al., 2014). A pesar de ello su mejora en los programas comerciales de selección genética se ha hecho siempre de forma indirecta seleccionando a favor del crecimiento diario o del peso al final del cebo, ambos caracteres correlacionados negativamente con el IC. Esto se debe a las dificultades asociadas al registro del consumo. No obstante, no existen evidencias experimentales claras de respuesta corre-

lacionada en índice de conversión después de haber seleccionado por crecimiento. El único trabajo que reporta esta respuesta correlaciona es el de Moura *et al.* (1997) en el que se concluye que la selección por crecimiento individual conduce a una mejora del IC en 0.1 puntos. En ese trabajo la estima de correlación genética entre crecimiento e IC que se ofrece es de -0.8. Sin embargo, en otro estudio en el que se usaron dos poblaciones especializadas en crecimiento y un diseño experimental más potente para la estima de esta correlación, la magnitud de este parámetro fue bastante más baja -0.5 (Piles *et al.*, 2004).

En el seno del proyecto europeo Feed-a-Gene (<https://www.feed-a-gene.eu/>) y de otro del Plan Nacional (RTA2014-00015-C2-01) se han propuesto toda una serie de desarrollos encaminados a la generación de nuevos caracteres que puedan utilizarse como indicadores de la eficiencia alimentaria en especies monogástricas, entre ellas el conejo de carne. En este contexto, nuestro grupo ha desarrollado un comedero electrónico que permite el registro del consumo de cada uno de los animales alojados en grupo. El objetivo final es el desarrollo de nuevas poblaciones mejoradas para eficiencia alimentaria, teniendo presente en el proceso de selección las condiciones comerciales en las que éstas se utilizarán. En este sentido, se considera por un lado que los animales se criarán en jaulas colectivas y por otro que existen explotaciones en las que los animales se someten a restricción alimentaria durante el cebo.

El trabajo que aquí se presenta por un lado describe el proceso de selección que se está llevando a cabo en tres poblaciones de conejo de carne, presentando algunas estadísticas descriptivas que dan una idea de los diferenciales de selección que se están aplicando durante las dos primeras generaciones, y por otro ofrece estimas de heredabilidad de los caracteres de eficiencia considerados y de los caracteres implicados en su definición: crecimiento y consumo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Animales

El proceso de selección por eficiencia alimentaria que se está desarrollando comprende 3 poblaciones (GRP, RFI y ADGR), y en cada una de ellas el criterio de selección pretende considerar distintos factores que pudieran afectar a la eficiencia alimentaria de los animales, como es el caso de que se practique restricción alimentaria o la existencia de efectos de interacción social entre los animales que forman el grupo.

La estructura y el manejo reproductivo es el mismo en las tres poblaciones, se trata de poblaciones de 56 hembras reproductoras divididas en dos lotes, que se cubren alternativamente cada 21 días. Las hembras se cubren por primera vez entre las 19 y 22 semanas de vida y en los sucesivos ciclos las cubriciones tienen lugar 11 días después del parto. En cada línea hay 16 machos activos y están organizados en 4 grupos de cuatro, de forma que en cada banda de cubrición sólo participa un grupo, apareándose un macho con 7 hembras de manera que el número de descendientes coetáneos que se obtienen de cada macho es mayor. Las lactaciones tienen una duración aproximada de 4.5 semanas (28-32 días). Tras el destete el manejo es ligeramente diferente en función de se trate de animales GRP, o RFI/ADGR. Los primeros en el momento del destete se sexan y se distribuyen en jaulas de 4. En las jaulas de machos se coloca un hijo de cada uno de los padres que intervinieron en las IAs de ese lote y en las jaulas de hembras se colocan grupos de 4 hermanas o medio hermanas. Los animales de las líneas RFI y ADGR se distribuyen en jaulas de seis individuos sin distinción de sexos, pero garantizando que dentro de jaula se colocan hermanos. Cuando tienen aproximadamente 36 días de vida se crotalan con el chip electrónico que permite la identificación de los animales en los comederos electrónicos.

El período de control de crecimiento y consumo va de los 42 a los 60 días de vida. Tres días antes del inicio del control los animales se colocan en las jaulas en las que éste se llevará a cabo (Figura 1). Los animales de la línea GRP se disponen en jaulas equipadas con comederos que permiten el control del consumo de toda la jaula, mientras que los de las líneas RFI y ADGR se colocan en las jaulas con los comederos electrónicos para el control de consumo. Este período de tres días permite que los animales se habitúen a estos sistemas de alimentación que son diferentes de los integrados en las jaulas que hasta ese momento se han usado para alimentarlos.

A continuación, se describen los criterios de selección de las tres líneas.

GRP: La unidad de selección es la jaula y el criterio es el consumo de pienso residual de la jaula alimentada a voluntad, calculado como el residuo de la regresión múltiple dentro de lote del consumo medio diario de la jaula sobre los promedios por jaula del peso metabólico correspondiente al día intermedio del cebo y de la ganancia media diaria. Al final del período de control se selecciona la mejor jaula de machos como futuros titulares que reemplazarán a sus padres y la segunda mejor jaula como machos reserva. Para el caso de

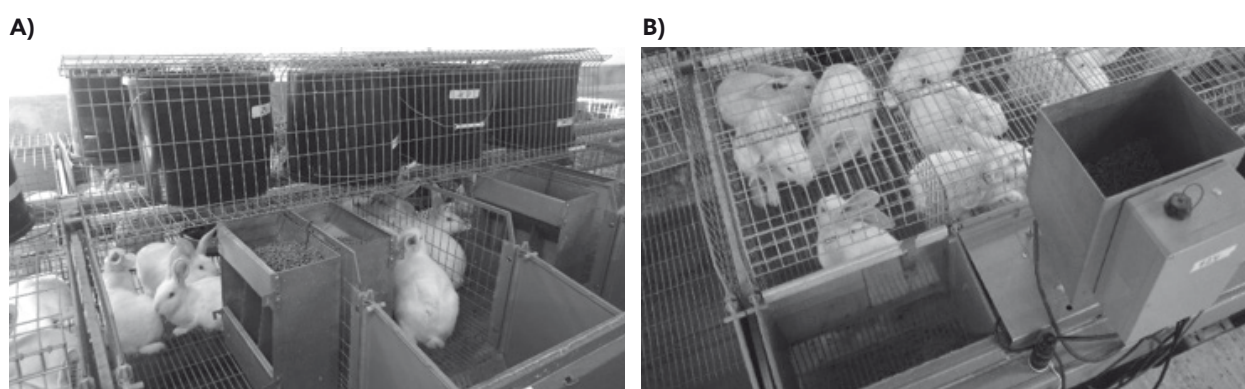


Figura 1. Comederos para el control de consumo en la línea GRP (A) y en las líneas ADGR y RFI (B).

las hembras se escogen como futuras reproductoras las 4-5 jaulas con mejor consumo de pienso residual, imponiendo la restricción de no seleccionar más de 3-4 hijas de cada madre. Con este procedimiento de selección, se contempla el desempeño productivo no de los animales individuales sino de los grupos, lo que incluye las interacciones entre los individuos. Este método garantiza respuesta en el sentido deseado aun cuando la correlación entre efectos genéticos directos e indirectos (de interacción social) sea negativa. Sin embargo, no explota la variación individual dentro de jaula. Se podría decir que es el procedimiento clásico de selección para considerar las interacciones sociales en un proceso de selección (Griffing, 1967; Muir, 1996).

RFI: En el proceso de selección de esta línea no se tienen en consideración las interacciones sociales. Se trata de animales alimentados a voluntad y el fenotipo por el que se selecciona es el consumo de pienso residual individual. De forma análoga a la línea GRP, el consumo de pienso residual se calcula mediante una regresión múltiple del consumo diario individual, registrado con los comederos electrónicos, sobre el peso metabólico en el día intermedio del cebo y la ganancia media diaria, ambos medidos individualmente. Los machos seleccionados serán los dos mejores dentro de cada familia de macho que participó en ese lote, el primero actuará en la siguiente generación como titular y el segundo como reserva. Las hembras se seleccionan del total de las presentes, y en cada lote se escogen entre 16-18, restringiendo a 3-4 el número máximo de hermanas de madre seleccionadas.

ADGR: Esta línea se selecciona por crecimiento bajo restricción. La restricción se aplica limitando a 12 horas al día (de 18:00 a 06:00) el tiempo que los comederos electrónicos están activos. Como se trata de una restricción a nivel de jaula, dentro de jaula va a existir variabilidad individual en el consumo, que con el comedero electrónico se puede registrar, por lo tanto, el criterio de selección será el crecimiento diario individual corregido por el consumo diario individual. Este criterio sería equivalente al crecimiento residual (Crowley *et al.*, 2010). En el proceso de evaluación genética se tienen en consideración los efectos genéticos tanto directos como indirectos (de interacción social). En estas condiciones de alimentación, al limitar la cantidad de pienso disponible, los efectos de interacción social han demostrado ser importantes (Piles *et al.*, 2017). La consideración de los efectos directos e indirectos en el modelo de evaluación genética se hace de forma implícita con un índice de selección que pondera el crecimiento individual corregido por consumo y la media de la jaula en la que el animal está (Muir *et al.*, 2013). Para la implementación de este índice de selección lo que se hace es una evaluación genética basada en un modelo animal en el que únicamente se consideran las relaciones de parentesco dentro de la jaula, de esta forma el valor genético de un individuo quedará compuesto por su propio dato y por la media de los parientes que están en su propia jaula, no de los que están en otras. La ponderación del dato individual frente al dato de grupo queda implícita y dependerá del coeficiente de parentesco dentro de jaula y de la heredabilidad del carácter. La selección de machos y hembras una vez hecha la evaluación genética está sujeta a las mismas restricciones que en el caso de la línea RFI.

MODELO ESTADÍSTICO

Para la estimación de la heredabilidad de todos los caracteres considerados en las distintas líneas se usó siempre el mismo modelo animal base:

$$y_{ijklm} = L_i + \beta \times edad_i + S_m + c_j + j_k + a_i + e_{ijklm}$$

Donde el registro individual del animal i , de sexo m , procedente de la camada j , criado en la jaula k y en el lote h , se explica por los efectos sistemáticos del lote (L_i) (8 lotes, 4 por generación), sexo (S_m) y de

la regresión sobre la edad al final del período de control ($\beta \times \text{edad}$), y además por los efectos de camada (c_j), jaula (j_k) y genético aditivo (a_i). La estimación de los componentes de varianza asociados a estos tres últimos, así como la varianza residual se llevó a cabo usando técnicas bayesianas MCMC, considerando como distribuciones a priori para los efectos sistemáticos la uniforme y para los efectos de jaula, camada y genético aditivo la normales. Los priors para los componentes de varianza que indexan estas normales igualmente se asumieron uniformes.

Este modelo básico se aplicó de forma directa a los registros de consumo y crecimiento individual. La consideración del consumo de pienso residual y del crecimiento corregido por consumo supone la inclusión en el modelo de regresiones anidadas dentro de lote. Para el caso del consumo residual esta regresión implica el crecimiento diario y el peso metabólico en el día intermedio de control; para el caso del crecimiento corregido, únicamente se considera el consumo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra las estadísticas básicas por línea del crecimiento y consumo, diferenciando por sexos y de si se trata de animales seleccionados o no. Nótese que no todos los machos seleccionados llegan a ser reproductores ya que sistemáticamente se selecciona un macho titular y otro reserva, el segundo sólo entra en producción en caso de ser necesario. Además, un pequeño porcentaje de las hembras seleccionadas tampoco llegarán a ser reproductoras. Por lo tanto, estas estadísticas no se pueden interpretar directamente como diferenciales de selección, pero sí suponen una cierta aproximación a las mismas. Para el caso de la línea GRP, la diferencia en consumo entre los seleccionados y los no seleccionados supone aproximadamente un -5% con respecto a los segundos en hembras y un 2% en machos, mientras que las diferencias en crecimiento son del -4% y del 8% respectivamente. En la línea RFI la diferencia entre seleccionado y no seleccionados, expresada en porcentaje con respecto a los no seleccionados, son de un -16% en hembras y un -12% en machos para consumo, mientras que las diferencias en crecimiento son escasas. Las diferencias en crecimiento entre seleccionados y no seleccionados en la línea ADGR son las más importantes de todos los caracteres y líneas, llegando aproximadamente a suponer en ambos sexos el 20% del crecimiento de los no seleccionados. En esta línea, las diferencias en consumo son también bajas no superando el 1% con respecto a los no seleccionados en machos y llegando al -4% en las hembras. En general, la variabilidad en el consumo parece ligeramente mayor para la línea ADGR que para la línea RFI, suponiendo la media de este carácter en la primera línea aproximadamente el 90% del de la segunda. Un inconveniente frente al que se está trabajando, es que el consumo registrado en la línea RFI supone un 72% del registrado en la línea GRP, lo que claramente indica que, a pesar de que el pienso se ofrece a voluntad, esta línea también está siendo sometida a restricción alimentaria, probablemente debido que uso del comedero electrónico dificulta el acceso de los animales al pienso. Para hacer frente a este inconveniente se están ensayando otros modos de uso de los comederos electrónicos de forma que se evite esta restricción no deseada; por ejemplo, reduciendo el número de animales por comedero u ofreciendo a cada grupo (del mismo tamaño que hasta ahora) acceso no a uno sino a dos comederos electrónicos. Estas diferencias en consumo, obviamente, tienen su reflejo en el crecimiento de los animales.

En las líneas alimentadas con los comederos electrónicos el factor que mayor porcentaje de varianza explica es el propio comedero o la jaula. En la línea GRP esto no es así y el factor más importante de variación en crecimiento es el genético (Tabla 2). Los errores asociados con las estimas de heredabilidad son elevados y en general la probabilidad de que las estimas de heredabilidad sean mayores de 0.1 casi nunca alcanza valores extremos (>0.9) (Tabla 2). A pesar de esta limitación, asociada con el número reducido de datos con el que aún se trabaja, se puede afirmar que al menos para la línea RFI las estimas puntuales obtenidas tienen una magnitud media y por tanto es razonable esperar que la selección reduzca el consumo de pienso residual (Tabla 2). Las estimas de heredabilidad para crecimiento en las tres líneas están en el rango 0.1-0.2, parece mayor para la línea RFI que para la línea GRP, a pesar de la restricción no deseada que también se está aplicando en la primera. Las heredabilidades obtenidas para la línea ADGR no informan directamente de la respuesta a esperar ya que el modelo de evaluación genética empleado en el proceso de selección ("multilevel selection") es distinto del modelo animal aquí usado. Para predecir esa respuesta habría primero que determinar la ponderación de la información de datos de grupo y datos individuales que se está aplicando durante la selección (Muir *et al.*, 2013) y con teoría de índices, considerando la heredabilidad estimada para crecimiento corregido por consumo (Tabla 2), calcular la respuesta dada la intensidad de selección aplicada. En el presente trabajo no se llevarán a cabo estos cálculos dado su carácter preliminar. En cualquier caso, la baja heredabilidad del crecimiento corregido por consumo, nos permite anticipar en esta línea una respuesta directa menor que la que se obtendrá en la línea RFI.

Tabla 1. Estadísticas descriptivas por grupo de animal (Seleccionado/No Seleccionado) y sexo para las tres líneas bajo selección (GRP, RFI, ADGR).

SEXO	ESTADO	N	Promedio GMD ^a (g/d)	Promedio CMD ^b (g/d)	DT ^c GMD (g/d)	DT CMD (g/d)
GRP *						
HEMBRAS	NO SELECCIONADOS	71	52.6	188.2	5.4	24.9
HEMBRAS	SELECCIONADOS	21	50.7	179.3	7.0	25.4
MACHOS	NO SELECCIONADOS	64	51.6	185.6	5.9	24.9
MACHOS	SELECCIONADOS	12	55.8	189.1	4.6	25.9
RFI **						
HEMBRAS	NO SELECCIONADOS	106	42.7	149.5	8.9	19.7
HEMBRAS	SELECCIONADOS	102	43.5	125.2	9.3	19.3
MACHOS	NO SELECCIONADOS	180	43.4	139.0	8.7	21.3
MACHOS	SELECCIONADOS	52	43.2	123.0	6.8	19.9
ADGR **						
HEMBRAS	NO SELECCIONADOS	87	28.9	123.0	6.75	28.2
HEMBRAS	SELECCIONADOS	101	34.9	118.6	5.6	24.4
MACHOS	NO SELECCIONADOS	165	31.8	121.1	8.1	25.5
MACHOS	SELECCIONADOS	50	37.9	122.8	7.6	24.5

^a Ganancia Media Diaria, ^b Consumo Medio Diario, ^c Desviación Típica, *Se refiere al promedio de la jaula, **Se refiere a datos individuales.

Tabla 2. Estimaciones de varianza fenotípica y de los ratios de los distintos componentes de varianza sobre la varianza fenotípica.

Carácter	Varianza Fenotípica	Heredabilidad	Ratio Varianza Camada	Ratio Varianza Jaula
GRP				
Crecimiento	40.48(2.74)	0.16(0.10)	0.10(0.04)	0.05(0.03)
RFI				
Consumo residual	415.39(46.39)	0.18(0.11)	0.05(0.04)	0.32(0.07)*
Consumo	547.66(58.73)	0.20(0.11)	0.03(0.03)	0.38(0.06)*
Crecimiento	81.26(10.36)	0.21(0.12)	0.06(0.04)	0.55(0.06)*
Crecimiento Corregido	67.21(8.39)	0.28(0.13)*	0.06(0.04)	0.51(0.07)*
ADGR				
Consumo residual	495.71(52.33)	0.07(0.06)	0.04(0.03)	0.34(0.07)*
Consumo	750.6(82.07)	0.11(0.09)	0.11(0.05)	0.31(0.07)*
Crecimiento	59.01(6.96)	0.18(0.13)	0.11(0.05)	0.34(0.07)*
Crecimiento Corregido	42.56(4.76)	0.10(0.09)	0.06(0.04)	0.41(0.07)*

*Probabilidad superior a 0.90 de que los ratios sean mayores de 0.1.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la financiación obtenida a través de los proyectos Feed-a-Gene (H2020) 633531 y GENE-RTA2014-00015-C2-01. También se agradece el trabajo del personal de granja y la participación de CLAI-TEC y de Oriol Rafel en las fases de desarrollo del comedero electrónico.

BIBLIOGRAFÍA

- Cartuche L., Pascual M., Gómez E.A., Blasco A. 2014. *Economic weights in rabbit meat production. World Rabbit Science*, 22: 165-177
- Crowley J.J., McGee M., Kenny D.A., Crews Jr D.H., Evans R.D., Berry D.P. 2010. *Phenotypic and genetic parameters for different measures of feed efficiency in different breeds of Irish performance-tested beef bulls. J. Anim. Sci.*, 88: 885-894. doi: 10.2527/jas.2009-1852.
- Griffing B. 1967. *Selection in reference to biological groups. I. Individual and group selection applied to populations of unordered groups. Aust. J. Biol. Sci.*, 20: 127-139.
- Moura A.S., Kaps M., Vogt D.W., Lamberson W.R. 1997. *Two-way selection for daily gain and feed conversion in a composite rabbit population. Journal Animal Science*, 75: 2344-2349.
- Muir W.M. 1996. *Group Selection for adaptation to multiple-bens cages: Selection program and direct response. Poult. Sci.*, 77: 1781-1788.
- Muir W.M., Bijma P., Schinckel A. 2013. *Multilevel selection with kin and non-kin groups, experimental results with Japanese quail (Coturnix japonica). Evolution*, 67(6):1598-Piles M., Gomez E. A., Rafel O., Ramon J., Blasco A. 2004. *Elliptical selection experiment for the estimation of genetic parameters of the growth rate and feed conversion ratio in rabbits. Journal of Animal Science*, 82(3): 654-660.
- Piles M., David I., Ramon J., Canario L., Rafel O., Pascual M., Ragab M., Sánchez J.P. 2017. *Interaction of direct and social genetic effects with feeding regime in growing rabbits. Genetics Selection Evolution*, 49(1): 58. doi: 10.1186/s12711-017-0333-2 1606.

Análisis de la eficiencia alimentaria durante el crecimiento en líneas de conejo seleccionadas por diferentes objetivos

Feed efficiency analysis in growing rabbits selected of different objectives

Pascual M.^{1*}, Piles M.¹, Pascual J.J.², Ródenas L.², Velasco M.¹, Herrera W.¹, Rafel O.¹, Sánchez J.P.¹

¹Programa de Mejora y Genética Animal, Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (IRTA), Caldes de Montbui (Barcelona), España

²Department of Animal Science, Universitat Politècnica de València (UPV), Valencia, España

*Dirección de contacto: mariam.pascual@irta.es

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue estudiar la eficiencia alimentaria para mantenimiento y para crecimiento en dos líneas de conejo seleccionadas por diferentes objetivos. Se utilizaron 53 conejos de ambos sexos alojados individualmente y pertenecientes a las líneas Caldes (C), seleccionada por crecimiento en el engorde, y Prat (P), seleccionada por tamaño de camada al destete. Los animales se dividieron en tres grupos y se alimentaron en una primera fase *ad libitum* (60 y 64 días de vida), bajo restricción (65 a 67 días), y en una segunda fase *ad libitum* (68 a 71 días), y bajo restricción (72 a 74 días). El nivel de restricción de cada grupo fue de 90, 80 y 70% de sus necesidades de mantenimiento durante el primer periodo de restricción, y del 60, 50 y 40% en el segundo. El incremento de peso y consumo de pienso diarios se relacionaron para cada línea y fase mediante rectas de regresión por tramos que cortaran al eje de ordenadas en el punto (CPCm,0) donde CPCm es la cantidad de pienso consumido cuando el peso no varía, que corresponde a las necesidades de mantenimiento cuando el animal no está en ayuno. Las estimas de CPCm fueron de 111,6 y 88,9 para la primera y segunda fase, respectivamente, en la línea C, frente a 82,7 y 73,6 en la línea P. Las pendientes durante la alimentación *ad libitum*, que corresponden a la eficiencia alimentaria para crecimiento, fueron similares para ambas líneas (0,57 y 0,70; fases 1 y 2, línea C; 0,47 y 0,63, línea P). Durante los periodos en restricción, las pendientes, que corresponden a la eficiencia alimentaria para mantenimiento, no difirieron entre líneas en la primera fase del experimento (1,48 línea C; 1,73 línea P) pero sí durante la segunda fase (1,44 línea C; 0,97 línea P).

Palabras clave: eficiencia alimentaria, necesidades de mantenimiento, selección.

ABSTRACT

The objective of the study was to analyze the food efficiency for maintenance and for growth in two rabbit lines selected for different purposes. The trial was developed with 53 rabbits of both sexes housed individually belonging to the Caldes (C) lines, selected for growth in fattening, and Prat (P), selected by litter size at weaning. The animals were divided in three groups and were fed during phase 1 *ad libitum* (60 and 64 days of life) and under restriction (65 to 67 days), and in phase 2 *ad libitum* (68 to 71 days), and under restriction (71 to 74 days). The restriction level for each group was 90, 80 and 70% of their maintenance needs during the first restriction period, and 60, 50 and 40% in the second. The increase in weight and daily feed consumption were related for each line and phase by regression spline lines that cut the axis of ordinates in the point (CPCm, 0) where CPCm is the amount of feed consumed when the weight of the animals does not change, and corresponds to the maintenance needs when the animal is not fasting. The CPMC estimates were 111.6 and 88.9 for the first and second phases, respectively, on line C, against 82.7 and 73.6 on the line P. Slopes during the *ad libitum* periods, which correspond to food efficiency for growth, were similar for both lines (0.57 and 0.70, phases 1 and 2, line C; 0.47 and 0.63, line P). During the restriction periods, the slopes, which correspond to food efficiency for maintenance, did not differ between lines in the first phase of the experiment (1.48 line C, 1.73 line P) but during the second phase (1, 44 line C, 0.97 line P).

Keywords: feed efficiency, maintenance requirements, selection.

INTRODUCCIÓN

La eficiencia alimentaria es uno de los parámetros productivos más importantes en la producción de la carne de conejo desde el punto de vista económico y medioambiental. Por un lado, el coste de alimentación es el mayor de los costes de producción de carne de conejo por lo que una mejora en la eficiencia alimentaria tiene un impacto económico mayor que el producido por otros parámetros de producción. Por otro lado, una mejora de la eficiencia alimentaria reduciría la producción de estiércol y con ello el impacto sobre el medio ambiente.

Durante la fase de crecimiento, los animales utilizan la energía ingerida para cubrir sus necesidades de mantenimiento, en primer lugar, y para crecer una vez éstas han sido cubiertas. Tanto las necesidades de mantenimiento como la eficiencia del uso de la energía para crecer y para mantenerse pueden variar no sólo entre individuos sino también entre líneas, especialmente si éstas han sido seleccionadas por diferentes objetivos de selección. Estos parámetros pueden estimarse a partir de la relación entre el peso vivo del animal y la cantidad de energía digestible ingerida.

El objetivo de este trabajo es determinar las necesidades de mantenimiento y la eficiencia alimentaria para crecimiento y mantenimiento en dos líneas de conejo seleccionadas por distintos caracteres productivos.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se realizó con 53 conejos de las líneas Caldes (N=27) y Prat (N=26). Las líneas han sido seleccionadas por ganancia media diaria entre 30 y 60 días (de 1983 a 2016; línea Caldes, C; Gómez et al., 2002a) y por tamaño de camada al destete (desde 1992 hasta la actualidad; línea Prat, P; Gómez et al., 2002b). Los animales se destetaron a los 30 días de vida y se colocaron en jaulas individuales con alimentación *ad libitum*. A los 64 días de edad, se repartieron al azar en tres grupos: restricción baja (RestrB), restricción media (RestrM) y restricción alta (RestrA). Los grupos RestrB, RestrM y RestrA fueron alimentados entre los 64 y 67 días de vida con el 90, 80 y 70%, de la cantidad de pienso requerida para cubrir sus necesidades de mantenimiento, respectivamente. Las necesidades medias de mantenimiento para cada línea y sexo fueron calculadas como 430 kJ/ kg^{0,75} y día multiplicado por el peso metabólico medio de cada línea y sexo. De los 68 a 71 días de vida los animales fueron alimentados de nuevo *ad libitum*. A los 71 días de edad, las necesidades de mantenimiento de cada línea y sexo fueron recalculadas y los grupos RestrB, RestrM y RestrA fueron alimentados hasta los 74 días de vida con el 60, 50 y 40%, respectivamente, de la cantidad de pienso requerida para cubrir las necesidades de mantenimiento de su línea y sexo. Se registró el peso vivo de los animales a los 60, 64, 67, 71 y 74 días de vida, y el pienso consumido durante estos periodos.

Los resultados obtenidos fueron analizados usando el paquete lme4 de R. Las medias mínimo cuadráticas del pienso consumido y de la ganancia diaria de peso fueron obtenidas mediante un modelo con el grupo como efecto fijo (8 grupos; C1AdLib, C1Restr, C2AdLib, C2Restr, P1AdLib, P1Restr, P2AdLib, P2Restr) definidos por la línea (C y P), fase (fase 1, entre 60 y 67 días de vida; y fase 2, entre 68 y 71 días de vida), y régimen de alimentación (*ad libitum*, AdLib; restricción, Restr). La variación en peso vivo (g/día) y cantidad de pienso consumido (g/día) se relacionaron mediante un ajuste de una regresión lineal por tramos obligada a pasar por el punto (CPCm,0), donde CPCm es la cantidad de pienso consumido diariamente para una variación nula del peso corporal. Se utilizó el siguiente modelo lineal mixto:

$$GMD_{ijkl} = \beta_{1,jl} \times I(C_{ijkl} < CPCm_{jl}) \times C_{ijkl} + \beta_{2,jl} \times I(C_{ijkl} \geq CPCm_{jl}) \times C_{ijkl} + \alpha_{0,ijl} + \alpha_{1,ijl} \times I(C_{ijkl} < CPCm_{jl}) \times C_{ijkl} + \alpha_{2,ijl} \times I(C_{ijkl} \geq CPCm_{jl}) \times C_{ijkl} + e_{ijkl}$$

En el que GMD_{ijkl} es la ganancia media diaria del animal i de la línea j , en el periodo k de la fase l ; C_{ijkl} es la cantidad de pienso consumido por día, $CPCm_{jl}$ es la cantidad de pienso diaria requerida para cubrir las necesidades de mantenimiento de la línea j en la fase l (punto de corte en las abscisas); $\beta_{1,jl}$ y $\beta_{2,jl}$ son las pendientes de las rectas que relacionan la variación del peso con el consumo por encima o por debajo de las necesidades de mantenimiento, respectivamente, que corresponden con la eficiencia alimentaria media de la línea j en la fase l para crecimiento y mantenimiento, respectivamente; $\alpha_{0,ijl}$ es la desviación respecto a la media del intercepto para cada animal $CPCm_{jl}$; $\alpha_{1,ijl}$ y $\alpha_{2,ijl}$ son las desviaciones respecto a la media de las pendientes de la recta para cada animal i ; e_{ijkl} es el residuo. El valor de $CPCm_{jl}$ se estimó inicialmente considerando nulos los valores de α ; posteriormente se estimaron los valores de β y α mediante la aplicación del modelo mixto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El consumo y ganancia media diaria (GMD) observados en la línea C, seleccionada por crecimiento, fueron superiores los observados en la línea P, seleccionada por tamaño de camada al destete (Tabla 1, Figura 1). El mayor crecimiento de la línea seleccionada por ganancia diaria respecto a la línea P se ha observado en otros estudios (50,4 vs. 45,0 g/día en C y P, respectivamente; resultados no publicados).

Tabla 1. Parámetros productivos de conejos en engorde de las líneas Caldes (C) y Prat (P) durante dos fases consecutivas de alimentación *ad libitum* (AdLib) y en restricción (Restr).

Línea	Fase	Régimen	C	e.e. _C	GMD	e.e. _{GMD}
C	1	AdLib	198,8 ^E	3,62	52,8 ^D	3,77
		Restr	80,6 ^C	3,62	-45,9 ^A	3,77
	2	AdLib	216,1 ^F	3,62	94,4 ^E	3,77
		Restr	53,66 ^{AB}	3,62	-45,2 ^A	3,77
P	1	AdLib	159,2 ^D	3,69	38,8 ^C	3,84
		Restr	66,9 ^{BC}	3,76	-26,4 ^B	3,91
	2	AdLib	170,7 ^D	3,76	61,5 ^D	3,91
		Restr	43,0 ^A	3,76	-22,2 ^B	3,91

e.e.: error estándar; C: consumo (g/día); GMD: ganancia media diaria (g/día)
Valores en la misma columna con diferentes letras (A,B,C;D,E,F) difieren entre sí.

Los parámetros de las rectas de regresión para las diferentes líneas y fases se muestran en la Tabla 2. Los puntos de corte de las rectas con el eje x representan la cantidad de pienso que necesitan ingerir de media los animales de cada línea en cada periodo cuando no hay variación de peso vivo, es decir, las necesidades de mantenimiento cuando los animales no están en ayuno. Los puntos de corte de las fases 1 y 2 fueron de 111,6 y 88,9, respectivamente, en la línea C, y de 82,7 y 73,6, respectivamente, para la línea P.

Las pendientes de las rectas durante la alimentación *ad libitum* mostraron valores inferiores a 1, e indican el incremento de peso vivo por cada unidad de incremento de pienso ingerido, es decir la eficiencia alimentaria para crecimiento. Las pendientes observadas durante los periodos de restricción fueron en general superiores a uno, e indican la variación de peso del animal por cada unidad de pienso no ingerido cuando el animal está consumiendo por debajo de sus necesidades de mantenimiento. Este parámetro se corresponde con la eficiencia con que el animal cubre las necesidades de mantenimiento. Una mayor pendiente indica que los animales pierden más peso por unidad de consumo por debajo de las necesidades de mantenimiento y son menos eficientes en cubrir estas necesidades. La variación individual de las pendientes fue menor en los periodos *ad libitum* (0,01) que en los de restricción (0,11).

Tabla 2. Ajuste de regresión lineal por tramos (“splines”) de la variación en peso vivo con respecto al consumo de pienso conejos en engorde de las líneas Caldes (C) y Prat (P) durante dos fases consecutivas de alimentación *ad libitum* (AdLib) y en restricción (Restr). CPCm: cantidad de pienso necesario para variaciones nulas de peso vivo (g/día); m_{AdL}: e.e.m_{AdL}: pendiente y error estándar de la recta cuando los animales son alimentados *ad libitum*; m_{Restr}: e.e.m_{Re}: pendiente y error estándar de la recta cuando los animales son alimentados bajo restricción.

Línea	Fase	CPCm	m _{AdLib}	e.e. _{mAdL}	m _{Restr}	e.e. _{mRe}
C	1	111,6	0,57 ^{a,A}	0,04	1,48 ^{b,B}	0,10
	2	88,9	0,70 ^{a,B}	0,03	1,44 ^{b,B}	0,10
P	1	82,7	0,47 ^{a,A}	0,04	1,73 ^{b,B}	0,20
	2	73,6	0,63 ^{a,AB}	0,03	0,97 ^{b,A}	0,12

Valores en la misma fila con diferentes letras (a,b,c) difieren entre sí; Valores en la misma columna con diferentes letras (A,B,C) difieren entre sí.

El ajuste lineal por tramos ("splines") no mostró en general diferencias significativas entre líneas. Las diferencias entre líneas en los valores de las pendientes durante los periodos *ad libitum* no fueron significativas aunque podrían ser relevantes (0,57 y 0,47 durante la fase 1, y 0,70 y 0,63 durante la fase dos, para las líneas C y P, respectivamente). Este resultado indica que la eficiencia alimentaria para crecimiento en ambas líneas podría ser la misma, a pesar del diferente proceso de selección. Las pendientes durante los periodos de restricción fueron similares en ambas líneas en la fase 1 (1,48 y 1,73 para C y P, respectivamente) pero difirieron en el periodo en restricción durante la segunda fase (1,44 vs. 0,97 en C y P, respectivamente). Este resultado debe interpretarse con precaución, ya que la pendiente de la línea P en la fase 2 durante restricción no sólo difirió en valor absoluto respecto al observado en otras fases y líneas sino también en su sentido biológico. Este comportamiento podría ser debido a una mayor adaptación de la línea P a restricciones altas o a un bajo número de datos durante el periodo. Otra causa de este resultado podría ser un mal ajuste de la recta. La variabilidad de los datos en el eje x durante las fases de restricción es inferior a la variabilidad en la fase *ad libitum*, y esto podría estar forzando a que las fases *ad libitum* tuviera mayor influencia en el ajuste que las fases de restricción.

Los rendimientos productivos difirieron entre fases (Tabla 1). Los valores observados en el periodo *ad libitum* de la segunda fase fueron superiores a los observados en la primera para consumo de pienso, en el caso de la línea C, y en ganancia media diaria, en el caso de las dos líneas. Los índices de conversión fueron de 2,39 y 2,97 en la segunda fase frente a 3,94 y 4,37 en la primera fase para las líneas C y P, respectivamente. Estas diferencias son relevantes pero debido al pequeño número de datos no fueron significativas (resultados no mostrados). Estos resultados indican que se ha producido un crecimiento compensatorio en el periodo *ad libitum* de la segunda fase debido al periodo de restricción previo. Este crecimiento compensatorio ha sido observado en otros trabajos (Gidenne *et al.*, 2012). Las diferencias entre fases se pueden observar en los datos representados en la Figura 1 y en los ajustes de regresión obtenidos en el periodo *ad libitum* (Tabla 2). Durante este periodo las pendientes de la línea C fueron superiores en la segunda fase (0,70) que en la primera fase (0,57), pero mostraron resultados similares durante las dos fases de restricción (1,44 y 1,48 en la segunda y primera fase, respectivamente). Los resultados observados en la línea P deben interpretarse con precaución, tal como se ha comentado previamente. La línea no mostró diferencias entre fases cuando los animales estaban alimentados *ad libitum*, pero se observó una pendiente menor en el periodo de restricción de la segunda fase (0,97) que en el periodo de restricción de la primera fase (1,73).

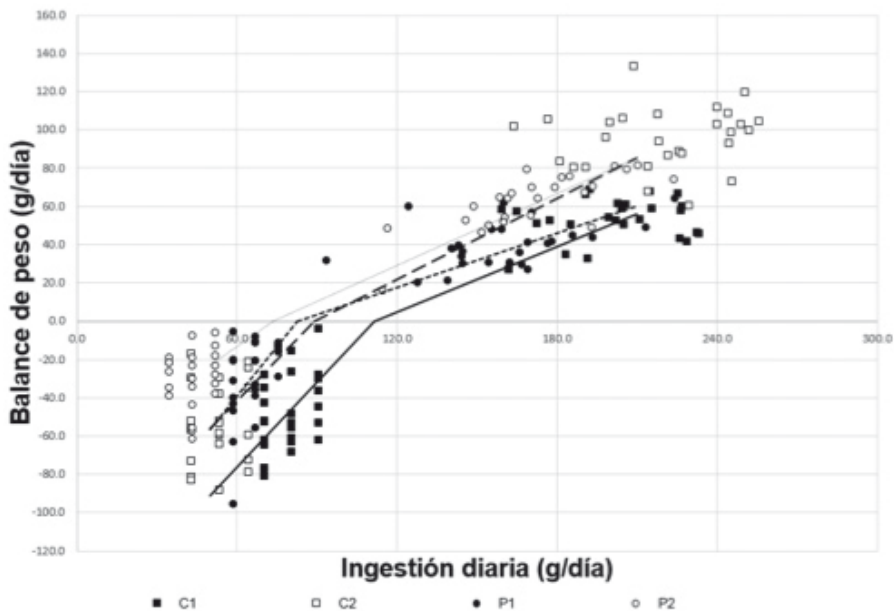


Figura 1. Representación del ajuste de regresión lineal por tramos ("splines") de la variación en peso vivo con respecto al consumo de pienso conejos en engorde. C1: línea Caldes, fase 1; P1: línea Prat, fase 1; C2: línea Caldes, fase 2; P2: línea Prat, fase 2. —Regresión C1,—Regresión C2,—Regresión P1;—Regresión P2.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo ha sido realizado gracias a los proyectos Feed-a-Gene (H2020) 633531 y GENE F RTA2014-00015-C2-01.

BIBLIOGRAFÍA

- Gidenne T., Combes S., Fortun-Lamothe L. 2012. *Feed intake limitation strategies for the growing rabbit: effect on feeding behavior, welfare, performance, digestive physiology and health: a review. Animal*, 6: 1407-1419.
- Gómez E.A., Rafel O., Ramón J. 2002a. *The Caldes Strain (Spain). In: Khalil M.H. (ed.), Baselga M. (ed.). Rabbit genetic resources in Mediterranean countries. Zaragoza: CIHEAM, p. 193-198. (Options Méditerranéennes: Série B. Etudes et Recherches; n. 38).*
- Gómez E.A., Rafel O., Ramón J. 2002b. *The Prat Strain (Spain). In: Khalil M.H. (ed.), Baselga M. (ed.). Rabbit genetic resources in Mediterranean countries. Zaragoza: CIHEAM, p. 203-208. (Options Méditerranéennes: Série B. Etudes et Recherches; n. 38).*

Microbiota digestiva de conejas reproductoras en función del éxito reproductivo anual y la edad

Gut microbiota of rabbit females according to the annual reproductive success and age

Savietto D.*, Paes C., Despeyroux M., Barilly C., Cauquil L., Combes S.
GenPhySE, Université de Toulouse, INRA, ENVT, 31326 Castanet-Tolosan, France.

*Dirección de contacto: davi.savietto@inra.fr

RESUMEN

Hemos estudiado la riqueza y la uniformidad de las comunidades bacterianas presentes en muestras de heces duras de conejas adultas en función del éxito reproductivo anual y la edad. El éxito reproductivo anual (gazapos vendidos por coneja en un año) no explica la variabilidad observada en estos parámetros. Sin embargo, la edad explica la variabilidad observada. La riqueza de especies en las heces de animales jóvenes (primera inseminación artificial, IA) fue 1.6 veces superior a la observada en animales inseminados 9 veces ($P < 0.05$). En cuanto a la uniformidad, hemos observado una reducción de 2.0 veces entre la IA1 y la IA9 ($P < 0.05$).

Palabras clave: *Oryctolagus cuniculus*, microbiota digestiva, éxito reproductivo, ADN 16s.

ABSTRACT

We studied the richness and the evenness of bacterial community in hard faeces samples of adult rabbit females according to the annual reproductive success and age. The annual reproductive success (number of offspring sold in one year) did not explain the observed variability in these parameters. However, the age-related explained the observed variability. Species richness of faeces from young animals (first artificial insemination, AI) was 1.6 times higher than that observed in animals inseminated 9 times ($P < 0.05$). With respect to the evenness, we observed a reduction of 2.0 times between AI1 and AI9 ($P < 0.05$).

Keywords: *Oryctolagus cuniculus*, gut microbiota, reproductive success, 16s DNA.

INTRODUCCIÓN

Quevedo *et al.* (2003) describieron un gran efecto de la camada de origen sobre la supervivencia de los gazapos entre el destete y la venta. Utilizando datos de una de las líneas maternas del INRA de Toulouse, Gelain (2017) obtuvo valores muy similares: apenas un 22% de las hembras habían sido responsables de más de 50% de las pérdidas durante el engorde.

Ambos estudios indican la existencia de variabilidad entre hembras en la producción de gazapos robustos. Partiendo del presupuesto de que la robustez no es únicamente un carácter de origen genético, sino una combinación de factores, donde el ambiente materno ejerce un papel fundamental, se puede intuir que la salud de los gazapos empieza en el nido. En lo relacionado al ambiente materno, Combes *et al.* (2014) han descrito tres hechos importantes: (i) ciertas hembras excretan en el nido mientras lactan, (ii) sus gazapos ingieren parte de las deyecciones presentes en el nido, y (iii) la supervivencia de los gazapos provenientes de nidos con deyecciones es superior (13.5 puntos porcentuales) a la observada en gazapos criados en nidos sin alguna deyección (nuevo nido cada día).

Basados en estos resultados y partiendo del presupuesto de que la transferencia de la microbiota materno a los gazapos durante la lactación parece tener un papel fundamental en la estimulación del sistema inmune de los gazapos (Fortun-Lamothe y Boullier, 2007), esperamos observar que la riqueza y la uniformidad de comunidades bacterianas en muestras de heces duras sea superior en conejas que tengan un elevado éxito reproductivo (mayor número de gazapos vendidos al año).

MATERIAL Y MÉTODOS

Animales: hemos seguido la vida reproductiva de 75 hembras de la línea comercial Hyplus PS19 entre la primera y la novena inseminación artificial (IA). Estos animales recibieron un pienso comercial para conejas reproductoras, siendo inseminadas cada 42 días (banda única). Estas hembras produjeron 4389 gazapos de los cuales 621 fueron descartados al nacimiento (camadas estandarizadas a 10 gazapos). De los 3768 gazapos restantes, 3405 alcanzaron los 35 días de vida (destete) y 3194 los 64 días. Durante el periodo de engorde, los gazapos recibieron un pienso comercial de cebo (restringido entre 35 y 64 días: 50 g al destete, 90 g entre 36 y 41 días, 110 g entre 42 y 49 días, 130 g entre 50 y 57 días y 150 g entre 58 y 64 días).

Muestreo, extracciones, secuenciación del ADN microbiano y análisis estadísticos: hemos recuperado muestras de heces duras (tres heces) en cuatro momentos de la vida de las conejas: a la primera, a la tercera, a la séptima y a la novena IA. En total, hemos recuperado 216 muestras (4 muestreos de 39 conejas, 3 de 5, 2 de 14 y sólo 1 de 17). Para las extracciones de ADN 16s microbiano de las muestras de heces y su secuenciación (regiones V3 y V4), hemos seguido los mismos procedimientos descritos en Mateos *et al.* (2018). A posteriori, hemos analizado los datos utilizando la herramienta FROGS de Galaxy (Escudí *et al.*, 2018) y el lenguaje estadístico R (R Core Team, 2018).

Hemos estudiado la variación en la riqueza (número de unidades taxonómicas operacionales, UTO, observadas) y en la uniformidad (índice recíproco de Simpson) de las comunidades bacterianas presentes en las muestras de heces duras en función del número de gazapos vendidos por coneja en un año y la edad del animal (fecha a la IA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Riqueza de especies (Figura 1): el número de UTO observadas indica el número de especies presentes en una muestra de heces duras. Hemos observado que el número de gazapos vendidos por coneja en un año (función de la vida productiva de la coneja, su fertilidad y la supervivencia de sus gazapos entre el nacimiento y la venta) no explica la variabilidad observada en la riqueza de especies (gráfica izquierda).

La edad del animal (fecha a la IA) sí explica gran parte de la varianza observada (gráfica derecha). En promedio, las muestras de heces recogidas a la primera IA presentan una riqueza superior (720^d) a las muestras obtenidas posteriormente, siendo la reducción progresiva a medida que los animales envejecen (IA3: 635^c, IA7: 514^b e IA9: 452^a; $P < 0.05$). A pesar de que la reducción en la riqueza está directamente relacionada con las muestras de 40 conejas inseminadas 9 veces (5 partos: 3 conejas; 6: 2; 7: 9; 8: 8; 9: 18), los valores obtenidos en un análisis teniendo en cuenta toda la población (gráfica derecha) o solamente estas 40 conejas no difieren (IA1: 715^d; IA3: 628^c; IA7: 510^b; IA9: 446^a; $P < 0.05$).

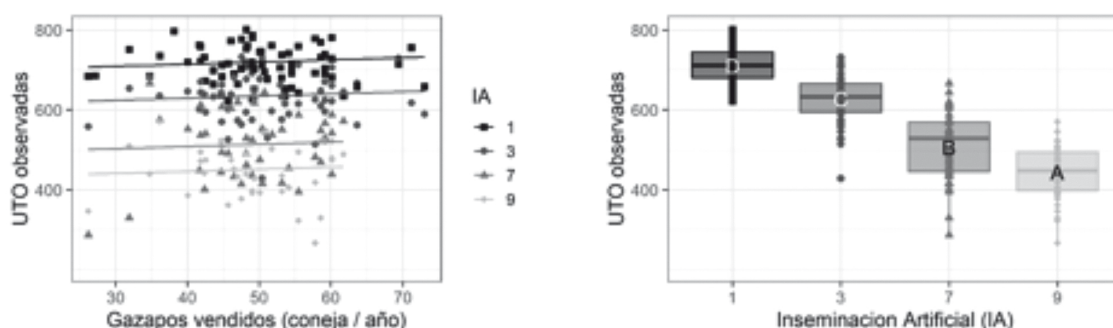


Figura 1. Riqueza de especies (Unidades Taxonómicas Operacionales observadas, UTO) en función del éxito reproductivo anual (gazapos vendidos por coneja durante un año) y la edad del animal (fecha a la IA). Promedios seguidos de letras distintas difieren entre sí ($P < 0.05$).

Uniformidad de especies (Figura 2): el índice recíproco de Simpson (IR de Simpson) estima la uniformidad de especies en una muestra. A semejanza de la riqueza, hemos observado que el número de gazapos vendidos por coneja en un año no explica la variabilidad observada (gráfica izquierda).

La edad de la coneja (fecha a la IA) sí explica la varianza del IR de Simpson (gráfica derecha). A la primera IA, la uniformidad de especies fue 1.85 veces superior que a las séptima y novena IA (102c, 57a y 52a, respectivamente). La

uniformidad a la tercera IA fue intermedia (84b). Al analizar solamente las muestras de las 40 conejas inseminadas 9 veces, llegamos a las mismas conclusiones: alta diversidad a la primera IA, seguida de una diversidad intermedia a la tercera y una baja diversidad a las séptima y novena IA (104_c, 86_b, 59_a y 52_a, respectivamente; $P < 0.05$).

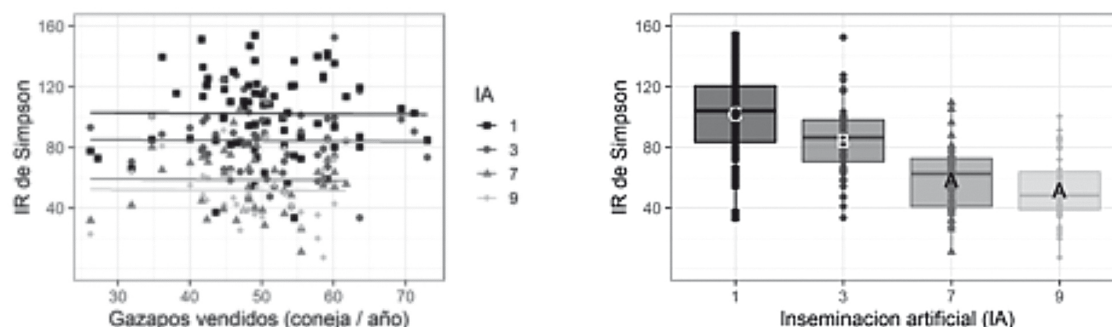


Figura 2. Uniformidad de especies (Índice Recíproco de Simpson, IR) en función del éxito reproductivo anual (gazapos vendidos por coneja durante un año) y la edad del animal (fecha a la IA). Promedios seguidos de letras distintas difieren entre sí ($P < 0.05$).

La ausencia de diferencias en las medidas de riqueza y uniformidad microbiana en las muestras de heces duras en función del éxito reproductivo anual de las conejas va en contra de nuestra hipótesis inicial. A pesar de que la teoría indica que la supervivencia de la prole depende, entre otros factores, de la protección inmunitaria recibida de los padres, siendo la transferencia de la microbiota materna uno de los factores que condicionan el correcto desarrollo del sistema inmune de los juveniles (Fortun-Lamothe y Boullier, 2007; Kelly *et al.*, 2007), los resultados obtenidos son coherentes. Vista la ausencia de valores extremos (UTO observadas e IR de Simpson), se puede intuir que la microbiota de estas conejas es normal, no influenciando (ni positiva, ni negativamente) la supervivencia de sus gazapos. Además, la ausencia de efecto indica que la riqueza y la uniformidad de las comunidades bacterianas de nuestras muestras son suficientes para asegurar el correcto estímulo y desarrollo del sistema inmune de los gazapos de esta población. Sin embargo, sería necesario un análisis diferencial focalizado a comunidades bacterianas que influyeran en el éxito reproductivo.

La reducción de la abundancia y de la diversidad microbiana en función de la edad (fecha a la inseminación) es un dato novedoso en la descripción de la microbiota digestiva en conejas adultas, puesto que gran parte de los trabajos se centra en la descripción del cambio de la microbiota digestiva de gazapos. Si comparamos nuestros resultados con los obtenidos en medicina humana, donde la reducción de la riqueza y de la diversidad de la microbiota en función de la edad ocurre sobre todo en individuos centenarios (Biagi *et al.*, 2010; O'Toole y Jeffery, 2015; Odamaki *et al.*, 2016), vemos que tanto la riqueza como la uniformidad de especies se reducen a partir de la séptima IA (438 días de vida). A pesar de que la reducción de estos parámetros esté relacionada con el envejecimiento, no podemos clasificar las conejas que han llegado a vivir 542 días (edad a la novena IA) como senescentes. De hecho 19 hembras de las 40 inseminadas 9 veces han continuado su carrera productiva hasta al menos 617 días, produciendo en media 8.7 gazapos viables a la venta.

CONCLUSIONES

La riqueza y la uniformidad de las comunidades bacterianas presentes en las heces duras de conejas adultas no se diferencian entre animales con distinto éxito reproductivo.

Tanto la riqueza como la uniformidad de las comunidades bacterianas presentes en las heces duras disminuyen con la edad. Las hembras que llegaron a ser inseminadas 9 veces (542 días de vida) presentaron, respectivamente, una riqueza y una uniformidad de especies 1.6 y 2.0 veces inferior respecto al inicio de su vida productiva (primera inseminación: 137 días de vida).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a P. Aymard, J.M. Bonnemere, A. M. Debrusse y D. Labatut por el cuidado diario de los animales. Agradecemos igualmente a la plataforma de secuenciación GENOTOUL por el trabajo de secuenciación del ADN 16s microbiano y al Departamento PHASE del INRA por la ayuda económica.

BIBLIOGRAFÍA

- Biagi E., Nylund L., Candela M., Ostan R., Bucci L., Pini E., Nikkila J., Monti D., Satokari R., Franceschi C., Brigidi P., Vos W.D. 2010. Through ageing, and beyond: gut microbiota and inflammatory status in seniors and centenarians. *Plos One*, 5: e10667.
- Combes S., Gidenne T., Cauquil L., Bouchez O., Fortun-Lamothe L. 2014. Coprophagous behavior of rabbit pups affects implantation of cecal microbiota and health status. *Journal of Animal Science*, 92: 652-665.
- Escudie F., Auer L., Bernard M., Mariadassou M., Cauquil L., Vidal K., Maman S., Hernandez-Raquet G., Combes S., Pascal G. 2018. FROGS: Find, Rapidly, OTUs with Galaxy Solution. *Bioinformatics*, 34: 1287-1294.
- Fortun-Lamothe L., Boullier S. 2007. A review on the interactions between gut microflora and digestive mucosal immunity. Possible ways to improve the health of rabbits. *Livestock Science*, 107: 1-18.
- Gelain M. 2017. Rabbit dam's influence in the offspring mortality. Master thesis. University of Padova, Italia, 59 p. <https://prodinra.inra.fr/record/409842>.
- Kelly D., King T., Aminov R. 2007. Importance of microbial colonization of the gut in early life to the development of immunity. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 622: 58-69.
- Mateos I., Combes S., Pascal G., Cauquil L., Barilly C., Cossalter A.M., Laffitte J., Botti S., Pinton P., Oswald I.P. 2018. Fumonisin-exposure impairs age-related ecological succession of bacterial species in weaned pig gut microbiota. *Toxins*, 10: 1-14.
- O'Toole P.W., Jeffery I.B. 2015. Gut microbiota and aging. *Science*, 350: 1214-1215.
- Odumaki T., Kato K., Sugahara H., Hashikura N., Takahashi S., Xiao J., Abe F., Osawa R. 2016. Age-related changes in gut microbiota composition from newborn to centenarian: a cross-sectional study. *BMC Microbiology*, 16: 90.
- Quevedo F., Pascual J.J., Blas E., Cervera C. 2003. Influencia de la madre sobre el crecimiento y la mortalidad de los gazapos en cebo. En: XXVIII Symposium de Cunicultura. Alcañiz, España, pp. 115-122.
- R Core Team. 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

Efecto de la condición corporal sobre la fertilidad

Effect of body condition on fertility

Agea I.^{1*}, Torres C.², García M.L.¹, Argente M.J.¹

¹ Departamento de Tecnología Agroalimentaria, Universidad Miguel Hernández de Elche, Crta. de Beniel km 3,2, 03312 Orihuela, Spain

² Institute for Animal Science and Technology, Universitat Politècnica de València, P.O. Box 22012, 46022 Valencia, Spain

*Dirección de contacto: iagea@goumh.umh.es

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue analizar el efecto de la condición corporal sobre la receptividad y la fertilidad de la coneja. Un total de 119 hembras primíparas fueron pesadas a los 10 días tras el parto, i.e. monta de la tercera gestación, y se les midió el nivel de los depósitos de grasa a través del espesor de la grasa perirrenal utilizando para ello imágenes de ultrasonido. El peso y el espesor de la grasa perirrenal fue similar entre las hembras primíparas receptivas y no receptivas a la primera monta postparto. Sin embargo, las hembras que se quedaron gestantes mostraron un mayor peso (+0.18 kg) y un mayor espesor de grasa perirrenal a la monta (+0.36 mm) que las que no se quedaron gestantes. El análisis de regresión logística mostró que el peso y el espesor de grasa perirrenal no estuvieron relacionados con la probabilidad de que la hembra aceptara la monta ($P > 0.10$). Respecto a los factores que pueden condicionar esta receptividad, solo la estación mostró un efecto relevante, e.g. la probabilidad de que la hembra acepte la monta es menor en invierno que en primavera y verano. El peso y el espesor de grasa perirrenal mostraron una relación positiva con la probabilidad de que la hembra se quede gestante ($b = 1.27$ y $b = 0.62$ respectivamente, $P < 0.10$). En conclusión, la condición corporal no afecta a la receptividad de la hembra, pero sí a su fertilidad.

Palabras clave: condición corporal, conejo, fertilidad, receptividad.

ABSTRACT

The objective of this study was to analyse the effect of body condition on female's receptivity and fertility. A total of 119 primiparous rabbit does were weighed 10 days after delivery, i.e. mating of their third gestation, and fat deposits were measured through the perirenal fat thickness using ultrasound images. Weight and perirenal fat thickness were similar between receptive and not receptive primiparous females to the first mating after postpartum. Rabbit does pregnant showed a greater weight (+0.18 kg) and a greater perirenal fat thickness at mating (+0.36 mm) than those non-pregnant. The logistic regression analysis showed that weight and perirenal fat thickness were not related to the probability of female accepts mating ($P > 0.10$). Receptivity is only affected by season, e.g. the probability of acceptation the mating is less in winter than in both spring and summer. Weight and perirenal fat thickness showed a positive relationship with the probability female's being pregnant ($b = 1.27$ and $b = 0.62$ respectively, $P < 0.10$). In conclusion, body condition does not affect female's receptivity, but it affects its fertility.

Keywords: body condition, fertility, rabbit, receptivity.

INTRODUCCIÓN

La producción industrial de carne de conejo se basa principalmente en un sistema de manejo semiintensivo, i.e. la hembra es montada o inseminada a los 10-11 días tras el parto (Roca, 2017). Se trata de un momento con alta demanda energética para la producción de leche (Feugier and Fortun-Lamothe, 2006), que si no es cubierta con el consumo de alimento da lugar a un balance energético negativo y la consiguiente movilización de los depósitos grasos en el animal (Fortun-Lamothe, 1998; Xiccato et al., 2004). Un bajo nivel de grasa corporal y una alta movilización de los depósitos grasos aumenta el riesgo de ser eliminado el animal (Theilgaard et al., 2006) y de tener una menor fertilidad (Castellini et al., 2006 y 2010). El espesor de la grasa perirrenal se utiliza para medir la condición corporal en conejo, pues es el principal depósito de grasa y está altamente correlacionado con los requerimientos energéticos del animal (Pascual et al., 2002). La ecografía

es una técnica no invasiva, sencilla y precisa, que se emplea habitualmente en conejo para medir in vivo su espesor de grasa perirrenal (Pascual *et al.*, 2000).

El objetivo de este estudio fue analizar el efecto de la condición corporal sobre la receptividad y la fertilidad de la coneja.

MATERIAL Y MÉTODOS

Animales. Se utilizaron 119 hembras primíparas de la duodécima generación de un experimento de selección divergente por varianza ambiental del tamaño de camada (más detalles del experimento en Blasco *et al.*, 2017). Los animales se alojaron en jaulas individuales en las instalaciones de la Universidad Miguel Hernández de Elche, e iniciaron su vida productiva a las 18 semanas de vida. Se realizó una palpación abdominal a los 12 días postmonta para confirmar la gestación de la hembra. A los 10 días tras el parto, las hembras eran de nuevo llevadas a la monta. Las camadas no se estandarizaron. Los gazapos se destetaron a los 28 días de vida. La alimentación fue *ad libitum* con un pienso comercial.

Caracteres. Se pesó y midió las reservas grasas de la hembra a la monta, i.e. a los 10 días tras el segundo parto. Se estimó el nivel de las reservas grasas del animal, a través de la medida del espesor de grasa perirrenal utilizando imágenes de ultrasonidos como describen Pascual *et al.* (2000). Se recogió si la hembra aceptaba la monta la primera vez que se presentaba al macho, i.e. receptividad, y si esta monta dio lugar a una gestación a término, i.e. fertilidad.

Análisis estadísticos. Para analizar el efecto del peso y del espesor de la grasa perirrenal sobre la receptividad de la hembra, el modelo utilizado incluyó los efectos de línea (con dos niveles: de alta y de baja variabilidad para el tamaño de camada), estación (con tres niveles: invierno, primavera y verano), presencia de gazapos a la monta (con dos niveles: presencia y ausencia) y aceptación a la monta (con dos niveles: aceptación y rechazo). Para analizar el efecto de la condición corporal sobre la fertilidad, el modelo anterior sustituyó el efecto de aceptación a la monta por el de gestación a término. Todos los análisis se realizaron utilizando metodología bayesiana, con a priori planos acotados para todos los parámetros desconocidos. Las distribuciones marginales posteriores de las diferencias entre grupos se estimaron usando muestreo de Gibbs (Blasco, 2017). Para estos análisis, se utilizó el programa Rabbit desarrollado por el Instituto de Ciencia y Tecnología Animal de la Universidad Politécnica de Valencia. También, se analizó la relación del peso y el espesor de grasa perirrenal sobre la probabilidad de que la hembra aceptara la monta y con la probabilidad de que esta monta fuera fértil. Para ello, se empleó un modelo de regresión logística con los efectos de la línea, la estación y si la hembra tenía gazapos. Para estos análisis, se utilizó el procedimiento LOGISTIC del SAS (SAS Institute, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra las medias para el peso y el espesor de la grasa perirrenal en las hembras que aceptaron o no la monta y en las hembras que se quedaron gestantes o no en la primera monta tras el segundo parto, así como los parámetros de las distribuciones marginales posteriores de las diferencias entre dichos grupos. El peso y el espesor de la grasa perirrenal fue similar entre las hembras primíparas receptivas y no receptivas a la primera monta postparto. Sin embargo, las hembras que se quedaron gestantes mostraron un mayor peso (+0.18 kg) y un mayor espesor de grasa perirrenal a la monta (+0.36 mm) que las que no se quedaron gestantes. Este resultado estaría de acuerdo con la relación positiva entre la condición corporal de la hembra y su tasa de fertilidad encontrada por otros autores (Castellini *et al.*, 2010; Rosell y de la Fuente, 2016).

Tabla 1. Medias y parámetros de las distribuciones marginales posteriores de las diferencias para el peso (kg) y el espesor de grasa perirrenal (mm) entre las hembras que aceptaron o no aceptaron la monta, y entre las que se quedaron o no gestantes.

	SÍ	NO	D _{SÍ-NO}	HPD _{95%}	P
Monta					
Peso, kg	3.61	3.53	0.08	-0.12, 0.28	0.80
EGP, mm	8.00	7.78	0.22	-0.23, 0.65	0.85
Gestación					
Peso, kg	3.72	3.54	0.18	0.05, 0.34	0.99
EGP, mm	8.14	7.78	0.36	0.08, 0.72	0.99

EGP: espesor de grasa perirrenal. D_{SÍ-NO}: media posterior de la diferencia entre grupos. HPD95%: región de alta densidad posterior al 95%. P: $P(D_{SÍ-NO} > 0)$ cuando $D_{SÍ-NO} > 0$ y $P(D_{SÍ-NO} < 0)$ cuando $D_{SÍ-NO} < 0$.

Los coeficientes de la regresión logística del peso y del espesor de grasa perirrenal con la receptividad de la hembra no fueron diferentes de cero ($b = 1.29 \pm 0.83$ y $b = 0.42 \pm 0.33$ con $P > 0.10$ para el peso y el espesor de la grasa perirrenal, respectivamente); es decir, el peso y el espesor de la grasa perirrenal no condicionan la probabilidad de que la hembra acepte la monta. Respecto a los factores considerados en el modelo, solo la estación afectó a la receptividad. En este sentido, la probabilidad de que la hembra acepte la monta es menor en invierno que en primavera y verano (Figura 1). Respecto al éxito en la gestación, los coeficientes de la regresión logística del peso y del espesor de grasa perirrenal con la fertilidad de la hembra fueron diferentes de cero ($b = 1.27 \pm 0.76$ y $b = 0.62 \pm 0.29$ con $P < 0.10$ para el peso y el espesor de la grasa perirrenal, respectivamente); es decir, el peso y el espesor de la grasa perirrenal condicionan la probabilidad de que la hembra se quede gestante. Solo la estación condiciona la fertilidad (Figura 2).

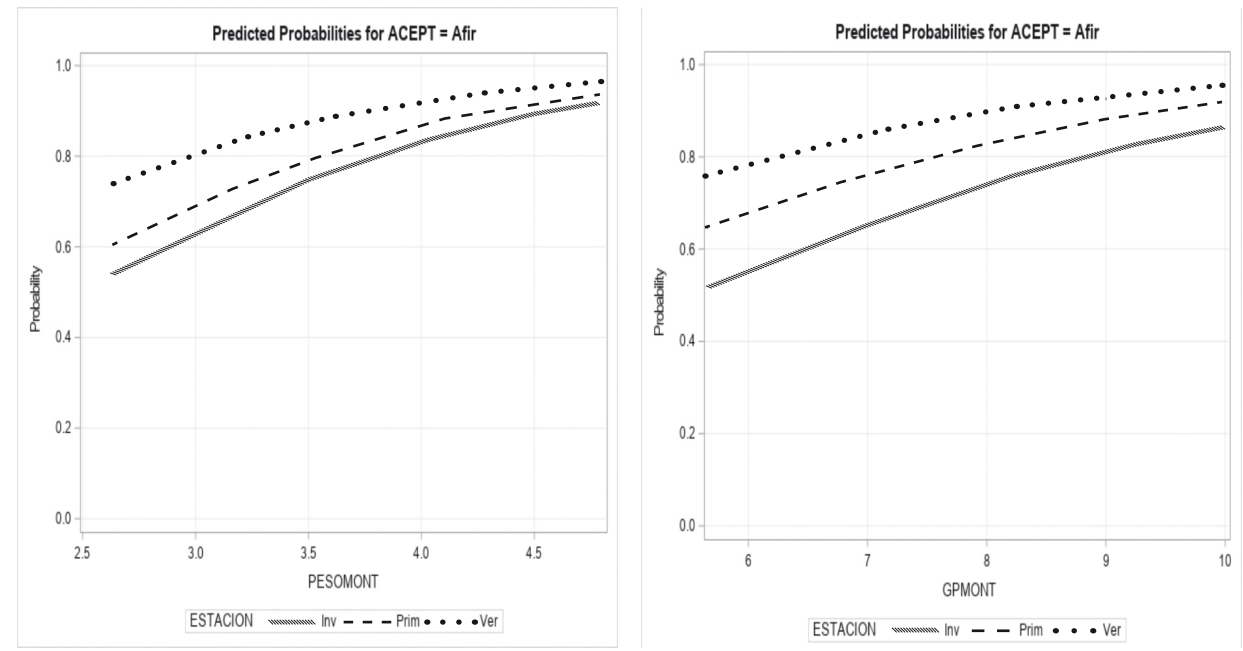


Figura 1. Relación entre la receptividad de la hembra con 1) el peso de la hembra (izquierda) y 2) el espesor de la grasa perirrenal (derecha) a la monta en invierno (Inv, línea inferior), primavera (Prim, línea central) y el verano (Ver, línea superior).

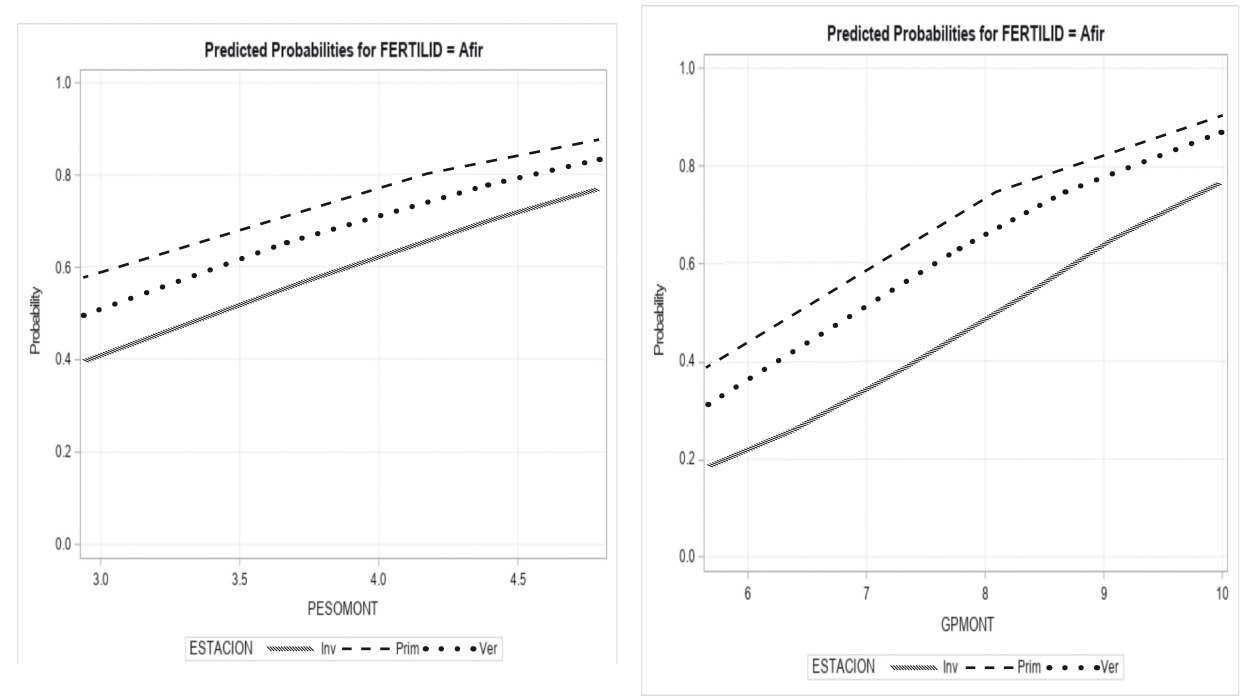


Figura 2. Relación entre la fertilidad de la hembra con 1) el peso de la hembra (izquierda) y 2) el espesor de la grasa perirrenal (derecha) a la monta en invierno (Inv, línea inferior), primavera (Prim, línea superior) y verano (Ver, línea central).

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado con el proyecto AGL2017-86083-C2-2-P.

BIBLIOGRAFÍA

- Blasco A. 2017. *Bayesian data analysis for animal scientists*. Springer. New York.
- Blasco A., Martínez-Álvaro M., García M.L., Ibáñez-Escriche N., Argente M.J. 2017. Selection for environmental variance of litter size in rabbits. *Genetic Selection and Evolution*, 49: 48-55.
- Castellini C., Dal Bosco A., Arias-Álvarez M., Lorenzo P.L., Cardinali R., Rebollar P.G. 2010. The main factors affecting the reproductive performance of rabbit does: A review. *Animal Reproduction Science*, 122(3-4): 174-182.
- Castellini C., Dal Bosco A., Cardinali R. 2006. Effect of post-weaning rhythm on the body fat and performance of rabbit does. *Reproduction Nutrition and Development*, 46: 195-204.
- Feugier A., Fortun-Lamothe L. 2006. Extensive reproductive rhythm and early weaning improve body condition and fertility of rabbit does. *Animal Research*, 55(5): 459-470.
- Fortun-Lamothe L. 1998. Effects of pre-mating energy intake on reproductive performance of rabbit does. *Animal Science*, 66: 263-9.
- Pascual J.J., Castella F., Cervera C., Blas E., Fernández-Carmona J. 2000. The use of ultrasound measurement of perirenal fat thickness to estimate changes in body condition of young female rabbits. *Animal Science*, 70: 435-442.
- Pascual J.J., Mota W., Cervera C., Quevedo F., Blas E., Fernández-Carmona J. 2002. Effect of dietary energy source on the performance and perirenal fat thickness evolution of primiparous rabbit does. *Animal Science*, 75: 267-273.
- Roca T. 2017. Conceptos del manejo reproductivo en cunicultura. <http://www.conejos-info.com/articulos/conceptos-del-manejo-reproductivo-en-cunicultura>
- Rosell J., de la Fuente L.F. 2016. Infertility of female rabbits on commercial units. *Proc. 11th World Rabbit Congress*, pp. 225-228, Qingdao, China.
- SAS Institute. 2018. *SAS/STAT® User's Guide (Release 9.2)*. SAS Inst. Inc., Cary NC, USA.
- Theilgaard P., Sánchez J.P., Pascual J.J., Friggens N.C., Baselga M. 2006. Effect of body fatness and selection for prolificacy on survival rabbit does assessed using a cryopreserved control population. *Livestock Science*, 103: 65-73.
- Xiccato G., Trocino A., Sartori A., Queaueque P.I. 2004. Effect of parity order and litter weaning age on the performance and body energy balance of rabbit does. *Livestock Production Science*, 16: 239-251.

¿Qué tenemos que hacer para vender mejor nuestro producto? Revisión de las tendencias actuales del mercado alimentario como base para la generación de oportunidades en la comercialización de la carne de conejo

What do we have to do to sell our product better? Review of current trends in the food market as a basis for the generation of opportunities in the commercialization of rabbit meat

Montero L.*; Buitrago J.M., Escribá C., Baviera A.

Dept. Economía y Ciencias Sociales, Universidad Politécnica de Valencia, Con. Vera s/n, 46022 València, España

*Dirección de contacto: luimonvi@esp.upv.es

RESUMEN

Desde el año 2012 se está produciendo un descenso en el consumo de carnes frescas en España, del que no escapa la carne de conejo. Es importante el conocimiento del mercado alimentario para buscar soluciones que contribuyan a mitigar la situación. Para ello, existen empresas especializadas, que investigan continuamente los mercados con el objeto de conocer las tendencias en el consumo alimentario. El conocimiento de estas tendencias puede ayudar a buscar nuevas propuestas técnicas y comerciales, que deberán ser asumidas tanto por la producción cunícola como por la industria transformadora. Estas soluciones y una adecuada comunicación pueden ser elementos clave para mejorar las expectativas de consumo de la carne de conejo.

Palabras clave: consumo de carne de conejo, tendencias alimentarias, comercialización.

ABSTRACT

Since 2012 there has been a decrease in the consumption of fresh meat in Spain, from which rabbit meat does not escape. Knowledge of the food market is important to find solutions that help mitigate the situation. For this, there are specialized companies, which continually investigate the markets in order to know the trends in food consumption. The knowledge of these trends can help to look for both technical and commercial proposals, that will have to be assumed on one hand by the rabbit production and on the other hand by the meat industry. These solutions and an adequate communication can be the key elements to improve the consumption expectations of rabbit meat.

Keywords: rabbit meat consumption, food trends, marketing.

INTRODUCCIÓN

Las empresas de alimentación dedican importantes recursos a aumentar las ventas de sus productos. Los últimos datos del informe de consumo alimentario en España indican que respecto al año 2015, el gasto en alimentación en los hogares españoles en 2017 representa un incremento del 3,6% (MAPA, 2018). Esta cifra constituye la subida más importante desde el año 2007, en el que el gasto se elevó un 4,7% (MAPA, 2018). No obstante, las ventas de carne fresca siguen la tendencia de reducción de su consumo, iniciada en 2012 (MAPA, 2018). Por tanto, los esfuerzos en incrementar las ventas parece que son estériles y quizás se debería cambiar el enfoque comercial, pasando de intentar vender más a intentar vender mejor. El conocimiento del mercado y de las tendencias alimentarias, puede contribuir a la búsqueda de nuevas propuestas que sean

valoradas por el consumidor. Pero ello implica el compromiso y participación tanto del eslabón productivo como de la industria cárnica.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para analizar las tendencias alimentarias en el consumo de alimentos, se ha recurrido tanto a la consulta de bases de datos oficiales y privadas, como a la consulta a expertos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estudiando los últimos datos disponibles de consumo de carnes frescas en España, se observa que su consumo en los hogares, se redujo un 2,2% en 2017 respecto a 2016, aunque el gasto aumenta un 0,6% debido al aumento del precio medio que se sitúa en 5,94€/kg. Esta reducción implica un descenso en el consumo per cápita de carnes frescas en los hogares del 2,2% en 2017 respecto de 2016 (MAPA, 2018). Los datos mostrados anteriormente muestran un descenso generalizado en el consumo de carnes y las claves para explicar este descenso las ofrece el conocimiento del mercado. Esto es fundamental para ofrecer los productos que demanda el consumidor y en consecuencia, es un proceso clave para mejorar la calidad de las estrategias comerciales orientadas a incrementar las ventas. Existen empresas especializadas en estudios de mercado y en el análisis de datos que en base a sus informes anuales, pueden orientar al sector cunícola en las tendencias del consumidor actual (Montero, 2016). El tratamiento de esta información puede ayudar a que el sector cunícola, fundamentalmente productores e industria cárnica, pueda desarrollar propuestas que se adapten a estas tendencias y en definitiva, ayuden a frenar el descenso en el consumo de carne de conejo.

Una de las empresas más importantes que trabajan en la denominada inteligencia de mercado es Innova Market Insights, cuyas tendencias globales en alimentación previstas para 2019 son las resumidas a continuación (Innova Market Insights, 2018).

Tendencia 1: El consumidor aventurero. Se trata de alimentos que proporcionan un reclamo de descubrimiento. Entre ellos destacarían los que aportan novedad, alta experiencia sensorial o propuestas que no son lo que parecen tanto visualmente como por el uso de mezclas insólitas. En el sector cunícola, se podría hablar de elaborados de V gama a base de carne de conejo y con mezclas de sabores innovadores.

Tendencia 2: El reino de las plantas. Propuestas que son totalmente a base de vegetales, o híbridos que mezclan carnes y vegetales. La carne de conejo, como producto mediterráneo, es ideal para mezclar con plantas aromáticas propias, pero también admite propuestas diferentes que podrían cubrir la tendencia indicada anteriormente.

Tendencia 3: Alternativas para todo. Productos que suponen una alternativa a la ingesta de alimentos y nutrientes procedentes de vías ordinarias. Alternativas a la carne para aportar proteínas o alternativas al azúcar son un ejemplo de esta tendencia. Pero no olvidemos que la carne de conejo se ha considerado por algunos autores como un alimento funcional, hecho que hace que pueda cuadrar perfectamente con esta tendencia.

Tendencia 4: Sentimiento verde. La transmisión de mensajes sobre la sostenibilidad medioambiental de la industria, debe superar las expectativas de los consumidores, no solo en producto sino en envases y procesos logísticos. Tanto el sector productivo como la industria de la carne de conejo, deben saber hacer llegar este tipo de mensajes al consumidor, y sobre todo, cumplir con su responsabilidad al respecto.

Tendencia 5: La evolución del "picoteo". Comer de manera informal se ha implantado en los hábitos alimentarios de los millenials, mientras que la denominada Gen X ha reducido el consumo de azúcar en esta categoría de alimentos y los boomers buscan snacks saludables. De nuevo se pueden plantear alternativas a las presentaciones habituales, que estén enfocadas a estos mercados.

Tendencia 6: Comida para mí. Se trata de un perfil de consumidor que valora el reconocimiento de su individualidad alimentaria y que por tanto, busca alimentos ultra-adaptados a sus gustos y hábitos alimentarios. Y no solamente respecto a las características intrínsecas de la carne de conejo, sino a aspectos extrínsecos que rocen lo emocional.

Tendencia 7: Redescubrimiento de la fibra. La salud digestiva se renueva como una tendencia iniciada por los lácticos probióticos y extendida a otras categorías como las carnes. De nuevo, una adecuada comunicación es este sentido, puede hacer visible las bondades nutricionales de la carne de conejo.

Tendencia 8: Me siento bien. Además del componente nutricional, el nuevo consumidor se preocupa por su salud mental y psicológica. Los elementos emocionales adquieren una nueva dimensión. Aspectos como

el bienestar animal, la producción sostenible y el respeto al medio ambiente están directamente vinculados a esta tendencia.

Tendencia 9: Considero lo pequeño. Se mantienen tendencias iniciadas hace unos años en lo referente a productos locales, de proximidad o procedentes de artesanos o de pequeñas industrias. Como en la tendencia 4, una buena comunicación, con marcas y certificaciones adecuadas, podría ser capaz de transmitir este tipo de inquietudes a los consumidores de carne de conejo.

Tendencia 10: Conectados a los alimentos. Esta tendencia valora la transparencia e información que se transmite al consumidor sobre los alimentos y sus procesos productivos y logísticos. El sector cunícola debería abandonar sus recelos y prejuicios, y abrirse a los consumidores. Aunque esto implique cambiar en las formas de trabajar. Esto además, supondría un elemento diferenciador y una ventaja competitiva del sector cunícola frente a otras ganaderías.

CONCLUSIONES

El sector cunícola, puede conducir y redefinir su oferta hacia alguna o varias de las tendencias indicadas anteriormente. Esta reorientación no parte solamente de la industria cárnica sino que también es responsabilidad de la producción, pues conseguir productos que cumplan con las expectativas que se han detallado a modo de tendencias, debe de originarse desde las propias explotaciones ganaderas y saber transmitirse a través del resto de integrantes de la cadena de valor hasta el consumidor.

BIBLIOGRAFÍA

Innova Market Insights. 2018. Top Ten Trends for 2019.

MAPA - Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2018. Informe del consumo de alimentación en España 2017. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Gobierno de España.

Montero L. 2016. Tendencias globales del consumo alimentario en 2016 y su relación con la industria cunícola. Boletín de Cunicultura 179: 34-43.



Coren

El campo
es nuestro
mundo

Comprometidos con
la gente del campo

GRUPO COGAL

Cogal

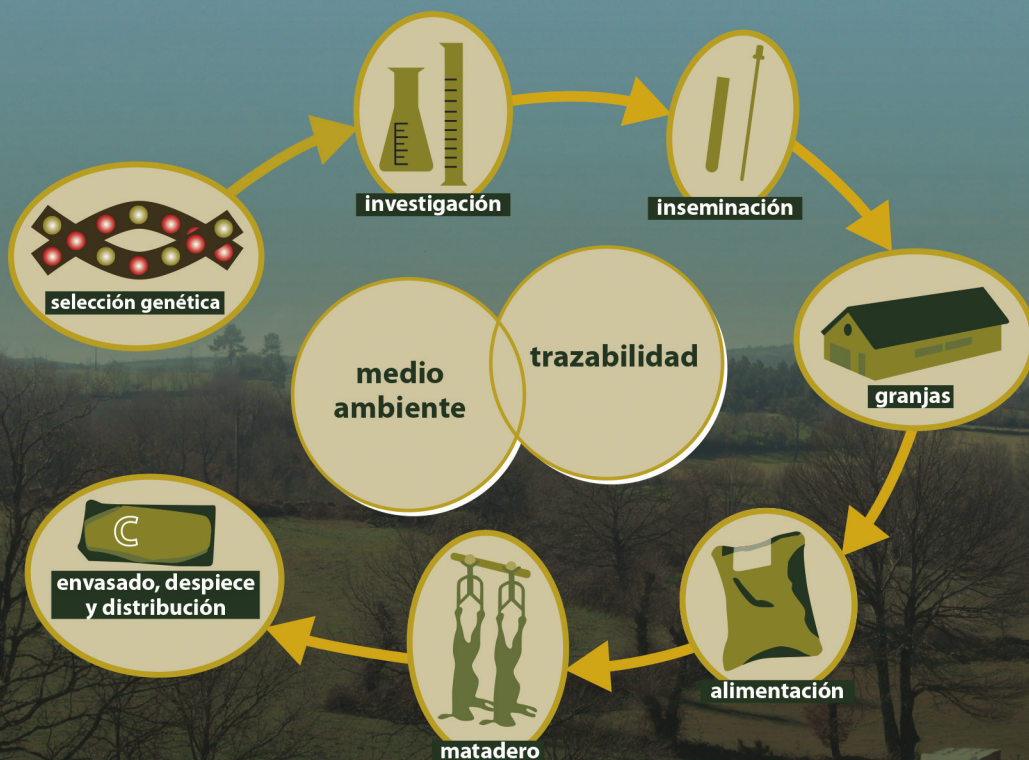
Cogal S. Coop. Gallega
Tel: 986 790 100 | Fax: 986 790 181
36530 Rodeiro (PONTEVEDRA)
www.cogal.net | cogal@cogal.net



CUNICULTURA DE LA
MANCHUELA

Teléfono 967 486 009
Villamalea (Albacete)
info@cunicultura.es | www.cunicultura.es

Servicio integral de cunicultura



CENTROS DE INSEMINACIÓN

ASESORAMIENTO PERSONALIZADO

INSTALACIONES CUNÍCOLAS

COMERCIALIZACIÓN PROPIA

